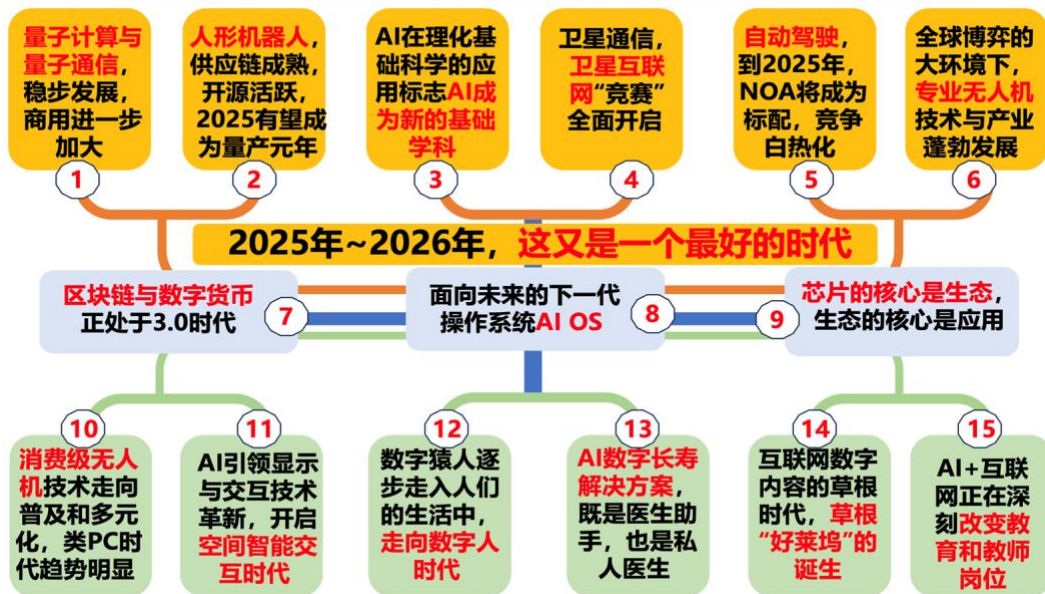


2025 年~2026 年行业趋势洞察报告

由中国大陆、美国硅谷、以色列资深专家合作共同整理完成，用于分享交流。部分内容
由我们精选自互联网，代表我们认同的观点和趋势。进一步交流，请联系 e 休的技术人
生 exiu@victorlamp.com





目录

总结：这又是一个最好的时代.....	2
一、量子计算稳步发展，首批量子计算上市公司财报发布，商用进一步加大	2
二、人形机器人，供应链逐步成熟，开源活跃，2025 年有望成为量产元年	20
三、AI 在物理化学基础科学领域的应用--标志着 AI 已成为新的基础学科	28
五、区块链与数字货币，区块链技术正处于 3.0 时代，怀疑和热衷都趋于平静和理性	33
五、卫星通信，卫星互联网“竞赛”全面开启	41
六、自动驾驶，到 2025 年，高速 NOA 将成为标配，城市 NOA 逐步普及，竞争白热化	46
七、全球博弈的大环境下，专业无人机技术与产业蓬勃发展	54
八、低空经济发展迅速，消费级无人机技术走向普及和多元化，类 PC 时代趋势明显	61
九、AI 引领显示与交互技术革新，手势识别将开启空间智能交互时代	66
十、数字猿人逐步走入人们的生活中，互联网时代 → 数字人时代	71
十一、AI 数字健康，长寿解决方案，既是医生助手，也是私人医生	72
十二、AI+互联网正在深刻改变教育和教师岗位	79
十三、面向未来的 AI 操作系统 OS	83
十四、互联网数字内容的草根时代，草根“好莱坞”的诞生	86
十五、芯片的核心是生态，生态的核心是应用，应用的根本是完整的人口基数	91
附：美国对于中国的芯片管制	93



2025 年~2026 年行业趋势洞察报告 by 煤油灯科技

煤油灯科技由中国大陆、美国硅谷、以色列专家组成专业技术团队，致力于提供深度技术洞察和行业思考。

总括：这又是一个最好的时代

“这是最好的时代，这是最坏的时代；这是智慧的年代，这是愚昧的年代；这是信仰的时期，这是怀疑的时期；这是光明的季节，这是黑暗的季节；这是希望之春，这是失望之冬……”

这段话出自查尔斯·狄更斯的《双城记》，是世界文学中的经典开篇之一。它描绘了法国大革命时期的动荡、矛盾与复杂性。

这段话里透露出的对时代和未来的不确定感，希望与忧虑混杂的情绪，跟我们当下的感受如此相似。

过去几年，国际局部冲突持续、大国博弈、房价下跌、经济增长变缓、互联网公司裁员、高校毕业生就业困难“毕业即失业”、……，给人感觉我们遇上了一个糟糕的时代。

任何大时代来临之前，总会有几年的静默酝酿期，甚至带有几分的悲观和失望，经过几年之后的创新“静默”期，我们已经感受到了又一个最好的时代，今天出现的物理化学诺贝尔奖发给 AI 科学家、量子计算公司、深度求索(DeepSeek)、宇树科技、微短剧井喷之势等是在不经意间冒出，总是超出了大家的设想，这不是偶然，而是一个大趋势，大发展的时代正在徐徐开启！

我们认为，2025 年必然是这个新技术大发展时代的开始！

一、量子计算稳步发展，首批量子计算上市公司财报发布，商用进一步加大

1) 量子计算机 Quantum Computer 是不是已经到来？

美国计算机科学家 Scott Joel Aaronson “如果有人认为我们即将获得个人 Quantum Computer（注：量子计算机），这将加快我们所做的一切，则需要告诉他们“Quantum Computer 时代”还没有到来（事实上，可能永远不会到来）。另一方面，如果有人认为 Quantum Computer 完全是骗局或误解，并且量子纠错在现实世界中永远行不通，那么他们需要被告知“Quantum Computer 时代”已经到来。”



2) Google 最新的量子芯片 “Willow” 到底有多厉害？

2024 年 12 月 10 日，谷歌重磅推出量子计算芯片 “Willow”，马斯克送上了 “Wow”，奥特曼也发来了贺电。

Willow 是一款拥有 105 个物理量子比特的量子芯片，亮点在于其惊人的计算速度和错误校正能力。Willow 能在不到 5 分钟的时间内完成一个标准计算任务，而这个任务如果交给全球最快的超级计算机，可能需要超过 10^{25} 年，这个数字甚至超过了宇宙的年龄。

Willow 的另一个成就是其指数级减少错误率的能力。随着量子比特数量的增加，错误率通常会指数增长，但 Willow 通过先进的量子纠错技术，实现了错误率的指数级降低。每当晶格从 3×3 增加到 5×5 ，再到 7×7 时，编码错误率就会以 2.14 的倍率降低。这种对逻辑错误的潜在抑制为运行有纠错的大规模量子算法奠定了基础。

3) 量子计算的教主和旗手 Scott Joel Aaronson 的对 Google “Willow” 的反馈

量子计算的教主和旗手，美国计算机科学家 Scott Joel Aaronson 在他的博客也做了一些点评。

Aaronson 明确 Willow 进步大体上符合多数人的预期：

“对于过去五年一直在关注实验量子计算的人来说（比如说，从 2019 年谷歌的原始量子霸权里程碑开始），这里没有什么特别的震惊。自 2019 年以来，谷歌在其芯片上的量子比特数量大约翻了一番，更重要的是，将量子比特的相干时间提高了 5 倍。与此同时，他们的 2 量子比特门保真度现在大约是 99.7%（对于受控-Z 门）或 99.85%（对于 “iswap” 门），相比之下 2019 年是 ~99.5%。”

他谈到最重要的是量子容错跨过了门槛，但离 “真正的” 容错量子比特还有距离：

“从科学上讲，最重要的是，随着他们增加表面码的大小，从 3×3 到 5×5 到 7×7 ，谷歌发现他们的编码逻辑量子比特存活时间变长而不是变短。所以，这是一个非常重要的门槛，现在已经被跨越了。正如 Dave Bacon 对我说的，“现在形成了漩涡”——或者，换个比喻，30 年后，我们终于开始触及量子容错的龙尾，这条龙（一旦完全唤醒）将允许逻辑量子比特被保存和操作几乎任意长的时间，允许可扩展的量子计算。”

量子计算理论首席科学家 Sergio Boixo 告诉我，谷歌只有在能够以 10^{-6} 的错误进行容错的两量子比特门（因此，在遭受一个错误之前，大约可以进行一百万次容错操作）



时，才会认为自己创造了一个“真正的”容错量子比特。我们还离这个里程碑有一段距离：毕竟，在这个实验中，谷歌只创建了一个编码量子比特，甚至没有尝试在其上进行编码操作，更不用说在多个编码量子比特上了。”

Aaronson 谈到了谷歌这次秒杀超算 10^{25} 年的“量子霸权实验”：

“谷歌还宣布了在其 105 量子比特芯片上进行新的量子霸权实验，基于 40 层门的随机电路采样。值得注意的是，如果你使用目前已知的最佳模拟算法（基于 Johnnie Gray 的优化张量网络收缩），以及一台百亿亿次超级计算机，他们的新实验如果不考虑内存问题，需要大约 3 亿年才能在经典计算机上模拟，或者如果考虑内存问题，需要大约 10^{25} 年（注意，自大爆炸以来只过去了大约 10^{10} 年）。”

他指出这里“ 10^{25} 年”结果的最大问题，也就是谷歌量子芯片的计算结果没有直接的验证。他担心谷歌没有给予足够的关注：

“由于同样的原因，经典计算机模拟这一量子计算将花费约 10^{25} 年，因此经典计算机直接验证量子计算结果也需要约 10^{25} 年！（例如，通过计算输出的“线性交叉熵”得分）。因此，谷歌的新量子霸权实验的所有验证都是间接的，基于较小电路的外推，而这些电路是经典计算机可以实际检查结果的。需要明确的是，我个人没有理由怀疑这些外推结果。但是，对于那些奇怪为什么我多年来一直痴迷于设计高效验证的近期量子霸权实验的原因：这就是原因！我们现在深陷于我之前警告过的不可验证的领域。”

以色列数学家和计算机科学家，量子计算怀疑论者 Gil Kalai 则在博客上写道：

“我们还没有研究 Google Quantum AI 的这些特定声明，但我的一般结论适用于它们：应谨慎对待 Google Quantum AI 的声明（包括已发布的声明），尤其是那些具有特殊性质的声明。这些说法可能源于重大的方法论错误，因此，可能更多地反映了研究人员的期望，而不是客观的科学现实。”

Gil Kalai 还在这篇博文中谈到了量子计算炒作和比特币的问题：



“当 2019 年谷歌的量子霸权主张发布（或者更确切地说是泄露）时，有很多说法认为这意味着量子计算机就在附近，因此比特币所需的密码学将是可破解的，比特币将失去其价值。

我通常不介意“炒作”，因为它反映了科学家对他们工作的热情和公众对科学努力的兴奋。然而，就谷歌而言，需要谨慎行事。例如，在 2019 年宣布“霸权”之后，比特币的价值在短短几天内（2019 年 10 月 24 日左右，经过一段时间的稳定）从大约 9,500 美元跌至约 8,500 美元，给投资者带来了超过 100 亿美元的损失。比特币今天的价值约为 100,000 美元。此外，谷歌的断言可能对其它量子计算工作提出了不切实际的挑战，并鼓励了不受欢迎的科学方法的文化。”

4) 什么是跨越量子纠错的门槛？

正如 Aaronson 所说，Willow 这次值得称道的，不是无法直接验证的“量子霸权”实验，而是量子容错跨过了门槛。

上世纪 90 年代，研究人员为克服这些错误奠定了理论基础，称为量子纠错。关键思想是诱使一组物理量子比特协同工作，作为一个单一的高质量“逻辑量子比特”。然后计算机将使用许多这样的逻辑量子比特进行计算。他们通过冗余将许多有缺陷的组件转化为较少的可靠组件来制造那台完美的机器。

物理量子比特太容易失败，纠错反而会适得其反。也就是增加更多的物理量子比特会使逻辑量子比特变得更糟，而不是更好。但如果错误率低于特定阈值（当前，量子硬件差错平衡阈值估计为 1000 次运算中约有 1 次错误），平衡就会倾斜：你增加的物理量子比特越多，每个逻辑量子比特就变得越有弹性。

$$\text{逻辑量子比特错误率} \propto \left(\frac{\text{物理量子比特错误率}}{\text{错误率阈值}} \right)^{(\text{码距}+1)/2}$$

通过上述公式可以看出，只有当物理量子比特错误率小于错误率阈值时，码距增加，逻辑量子比特的出错率才能指数级降低。



这次谷歌团队终于跨越了这个阈值。他们将一组物理量子比特转化为一个逻辑量子比特，随着他们向该组添加更多的物理量子比特，逻辑量子比特的错误率急剧下降。

考虑一台经典计算机，信息表示为一串比特，0 或 1。任何随机的故障，如果翻转了比特的值，都会导致错误。为了防范错误，可以将信息分散到多个比特上，每个 0 重写为 000，每个 1 重写为 111。如果一组中的三个比特不是全部具有相同的值，你就会知道发生了错误，多数投票将修复错误的比特。但如果三元组中的两个比特同时出错，多数投票将返回错误的答案。

如果增加每个组中的比特数量，比如五比特，虽然这种更大的代码可以处理更多的错误，你也引入了更多可能出错的方式。只有当每个单独比特的错误率低于特定阈值时，净效应才是有益的，比如五比特版本可以容忍每个组中的两个错误。

在量子世界中，情况更加棘手。量子计算中的每一步都是另一个错误源，纠错过程本身也是如此。更重要的是，没有办法在不可逆地干扰它的情况下测量量子比特的状态。所以，起初许多研究人员认为量子纠错是不可能的。

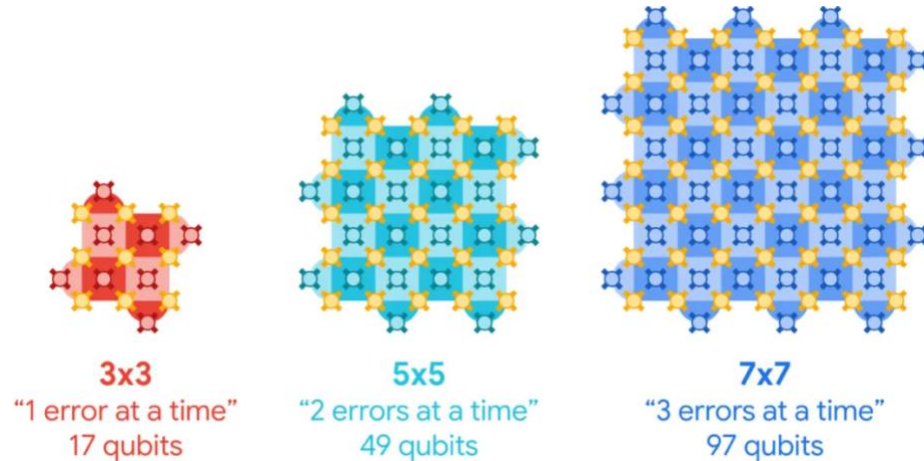
目前，最具前景的纠错码是表面码（拓扑码的一种），这种纠错码理论上能够使得误差阈值达到 1/100（现在硬件能够实现的是 1/1000），这对现在的设备非常友好。

5) 什么是量子纠错表面码（surface code）？

量子计算机得以实现，是利用了物质在最小尺度下的独特特性，如叠加和纠缠，以远少于经典计算机的步骤解决某些类型的复杂问题。量子比特是支撑量子计算的信息单位。它利用量子干涉筛选出大量可能性中的答案。然而，量子比特的自然量子态是脆弱的，可能受到多种因素的干扰：硬件中的微观缺陷、热量、振动、电磁干扰，甚至是无处不在的宇宙射线。

因此，业界提出了使用逻辑信息冗余的量子纠错方案——量子纠错码（Quantum error-correction code）。也就是，将多个量子比特组合成一个逻辑量子比特，并定期对其进行校验。解码器通过使用这些校验来识别并纠正逻辑量子比特中的错误，从而保护量子信息。其中，最有前途的策略之一是，基于表面码的量子纠错。

表面码网格示意图，黄色为数据量子比特，其他颜色为测量量子比特。



图源：Google Research，黄色为数据量子比特，其他为测量用的辅助量子比特

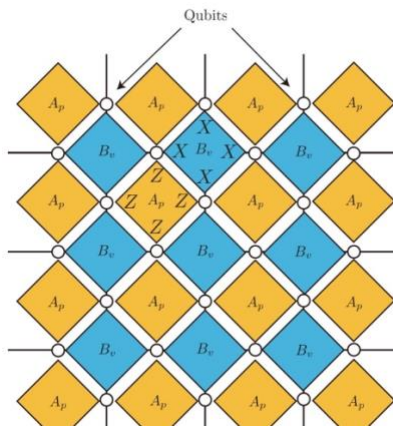
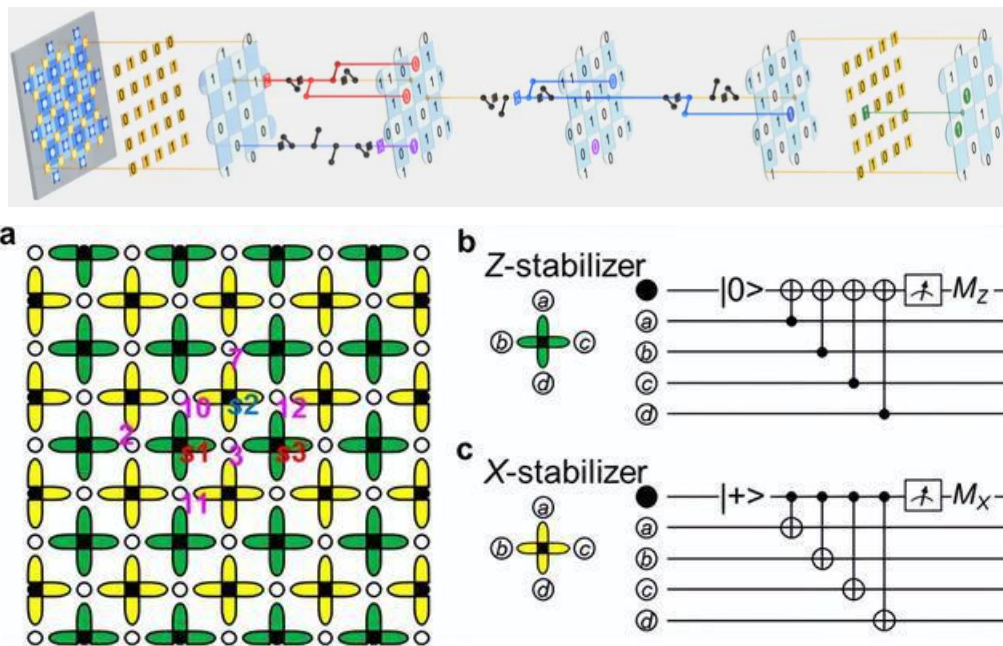
量子比特纠错的核心约束是量子比特只允许一次读取，不可以复制，所以此前经典的二进制计算机的冗余纠错监测技术不可行。幸运的是，量子计算科学家根据量子计算的特点发明了表面码技术，根据量子比特如下特点发明了表面码错误检测技术：

- 1) 量子比特虽然不可以多次读取，但是可以进行多次运算操作，意思就是说操作是可以重复的；
- 2) 区域故障相通性原则，在硬件实现过程中，故障总是在某个区域具有聚集性或者相通性；
- 3) 量子计算的翻转 X 门和相位 Z 门操作，可以通过两次连续的操作回到原本的量子比特。
- 4) 通过量子纠缠可以使两个或多个量子比特状态关联。这一点并不是必须。

“表面码”（Surface code）是一种高效的量子纠错方式，还是像经典计算机一样以“少数服从多数”的冗余纠错方式。一个量子位上不仅仅会存储 0 和 1 的叠加态，还会存储量子位的波动态相位我们可以理解为-和+，因此一个量子位的存储会是两对：0、1 和-、+，这样我们要存储纠错状态的时候就需要先存储数据的纠错三个位，也就是 111，然后再用少数服从多数的方式存储 -、+也是 3 个位，3*3 这样就形成了九个量子位的存储方式。也就是说利用九个量子位才可以确保数据的稳定性。

但是，对于量子比特来说，并不是可以直接复制 9 个量子比特，能后针对每个进行测量，必须要有变通的方法，这个变通的方法就是把多个比特做成上下两层，数据比特在一层，检测用的辅助比特在另外一层，数据比特和检测比特可以是一样，也可以是某种确定的初始关联性，然后

通过检测辅助量子比特以及对数据量子比特进行偶数次的 X 或者 Z 操作，根据操作结果确定量子比特是否发生了错误。



Surface code 的结构如上图所示，所有的量子比特只能两两相连，而不能出现远程的连接。

主体分为三个部分：

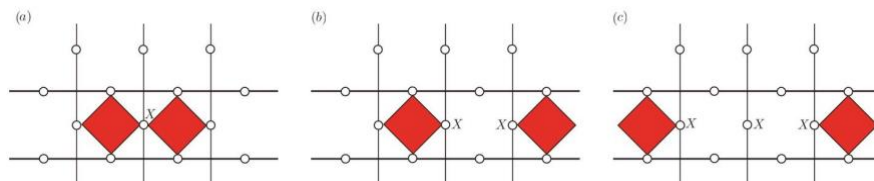
(1) 黄色面板, 黄色面板是由 4 个 Z 门组成，数学上表示为 $A_p = \bigotimes_{j \in b(p)} Z_j$ ，其中 $b(p)$ 表示四个量子比特包围一个面板，黄色面板是不存在与外界任何连接的。

(2) 蓝色面板，而蓝色面板由 4 个 X 门组成，数学上表示为 $B_v = \bigotimes_{j \in s(v)} X_j$ ，其中 $s(v)$ 表示四个量子比特分别包围黄色面板的 4 个晶格顶点（分别占据 4 条边）。

(3) 空心圆。这里空心圆就是数据量子比特。

要注意这里的区别，两个面板之间总是互易的，因为面板之间要么共享 2 个或 0 个量子比特。

对于黄色面板而言，围绕这黄色面板的 4 个量子比特是算符 $A_p = \bigotimes_{j \in b(p)} Z_j$ 的本征值为 1 的本征态。而 4 个量子比特占据的 4 个顶点而构成的蓝色面板同样存在类似的性质，即 4 个量子比特是算符 $B_v = \bigotimes_{j \in s(v)} X_j$ 的本征值为 +1 的本征态。另外，这个拓扑结构非常特殊，就是如果将晶格沿着对角线移动一个 cell，那么所有的 A 将变成 B，所有的 B 变成 A。我们将原图所示的晶格称之为原始晶格，而将移动后的晶格称之为对偶晶格。由于对 X 错误的保护是通过检测 Z 稳定器的特征值翻转来实现的，反之亦然，这两个交错晶格分别对应于对 X 和 Z 错误的错误校正。因此，现在假定我们只用来检测 X 错误，在原始晶格中讨论中就可以。



如图所示，因为我们考虑原始晶格，因此假设这里发生了 X 错误，即比特翻转错误。我们去思考 A 算符如何发现这个错误，并纠正这个错误。现在存在三种不同的比特翻转错误：

1) 假设连续两个相邻的红色方块只存在一个翻转错误。此时连续两个方块的测量结果会出现相反的情况，因为 X 与 Z 不对易。我们发现，这种错误的发现是通过测量红色方块来发现的。

2) 假设错误存在间隔的红色方块，如 (b) 所示。此时我们还是去测量，此时发现红色方框将会出现翻转，实际上中间的红色方块（未画出）检测到偶数比特的翻转，这样最终还是抵消掉了。因此中间的未画出的红色方块实际上检测不到错误。

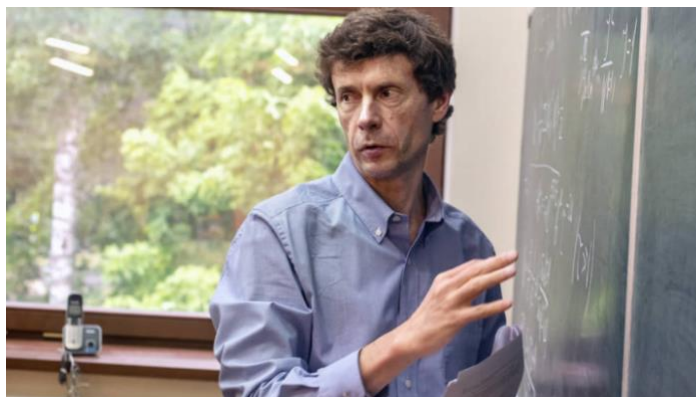
3) 连续的 3 个错误。此时发现中间的量子比特无法检测到错误，其他的两个都能被红色方块检测到错误。因为中间的量子比特的红色方块总能检测到偶数个翻转，此时测量的特征值还是 1，没有变化。

很显然，对于某些情况错误是无法检测到的。

6) 量子纠错表面码 (surface code) 发展和突破

1995 年，俄罗斯物理学家阿列克谢·基塔耶夫听到了量子计算的重大理论突破的报告。前一年，美国应用数学家彼得·肖尔设计了一个量子算法，可以将大数分解成它们的质因数。基塔耶夫无法获得肖尔论文的副本，所以他从头开始自己设计了一个版本——结果比肖尔的更通用。加

州理工学院理论物理教授兼量子信息和物质研究所所长约翰普雷斯基尔（John Preskill）对这个结果感到兴奋，并邀请基塔耶夫访问他在加州理工学院的团队。



俄罗斯物理学家阿列克谢·基塔耶夫

基塔耶夫首次提出了一个有希望的理论方法，称为量子纠错的表面码。

1997年春天的短暂访问成果非凡。基塔耶夫告诉普雷斯基尔他一直在追求的两个新想法：一种“拓扑”量子计算方法，根本不需要主动纠错，以及一种基于类似数学的量子纠错码，表面码。起初，他不认为那个表面码对量子计算有用。普雷斯基尔乐观地说服基塔耶夫，他最初想法的轻微变化值得追求。这个表面码，基于两个重叠的物理量子比特网格。第一个网格中的是“数据”量子比特，这些共同编码一个单一的逻辑量子比特。第二个网格中的是“测量”量子比特，这些允许研究人员间接地寻找错误，而不会干扰计算。

表面码有很多优势。其错误检查方案比竞争的量子码简单得多。它还只涉及相邻量子比特之间的相互作用。2006年，两位研究人员展示了优化版本的表面码错误阈值约为1%，是早期量子码阈值的100倍，也就是对错误率宽容了100倍。

虽然通过足够巧妙的工程手段，科学家预计最终能够将物理量子比特的错误率降低到0.1%，远低于表面码的阈值，但建造一台全尺寸量子计算机并不容易。粗略估计表明，实际应用肖尔的因数分解算法需要数万亿次操作。任何一个未校正的错误都会破坏整个计算。因此，需要将每个逻辑量子比特的错误率降低到远低于一万亿分之一。每个逻辑量子比特可能需要数千个物理量子比特。如此巨大的物理量子比特需求就太吓人了。

谷歌团队花费了多年时间改进他们的量子比特设计和制造过程，他们采用超导量子比特，这是由超导金属在硅芯片上制成的微小电路，一个单独的芯片可以容纳许多排列成网格的量子比特，这正是表面码所要求的布局。

谷歌决定将表面码付诸实验。谷歌要做的第一项工作是，验证增多逻辑量子比特所包含的物理量子比特是否会降低错误率。2023年，他们完成了验证。



当时，谷歌公司用他们开发的悬铃木（Sycamore，即美国梧桐）量子芯片做了 3X3（再加上 8 个测量量子比特，共 17 个量子比特）和 5X5（再加上 24 个测量量子比特，共 49 个量子比特）的网格。没有办法做更大的网格，因为这款芯片只有 53 个量子比特。结果发现，大网格的错误率略低于小网格。确实是略低，将逻辑量子比特的出错率从 3.028%降低到了 2.914%。进步虽小，但令人鼓舞。

谷歌继续改进硬件。谷歌宣布将悬铃木量子芯片升级为柳木芯片，有 105 个量子比特，并做了 3X3、5X5 和 7X7 三种网格，发现网格每增大一步，错误率减小一半，即错误率虽网格增大而指数衰减。

更重要的是，谷歌将逻辑量子比特出错率降低到物理量子比特出错率之下，即突破了纠错的“盈亏平衡点”。

“这项研究展示了量子纠错码确实能极大压制错误，实验中纠错码的码距从 5 提升到 7，每层错误率大约下降为原来的二分之一。他们还进一步测试了码距 29 的纠错码，错误率进一步下降到 10^{-10} 量级。这意味着容错量子计算的实验可行性得到验证。”

量子计算机要走向实用，量子比特就要够多。该研究证明可以将量子计算机变大，同时使得错率指数下降。

根据柳木芯片的结果外推，要让错误率降到百万分之一，需要的网格大小是 27X27，即需要 1457 个物理量子比特。目前，量子比特数最多的量子计算机来自美国原子计算（Atom Computing）公司，诞生于 2023 年 10 月，有 1180 个量子比特，距离 1457 还很远。

但是，量子比特本身的扩展本身就是极具挑战的。而且，量子计算机对于量子纠错本身，依然有很多工程上的挑战，例如对系统精准的控制，精确协调整个量子比特阵列的控制信号。量子计算机若要扩展到更多量子比特，运行更长的时间，对控制的要求只会变得更加苛刻。

值得注意的是，这个实验还显示，当加上纠错码之后等效的错误率可以下降到 10^{-10} 量级，再往下就饱和了。

之所以会饱和，是因为这时关联噪声占了主导作用，而量子芯片中之所以有关联噪声，人们认为是来自于宇宙射线对它的轰击。前几年有一个实验，也证实了这一点。因此，未来要用超导量子计算机来做可靠的大规模量子计算，可能得把它放到一个几百米深的山洞里面，把宇宙射线给屏蔽掉。

构建单个物理量子比特，其错误率低于表面码阈值，这并不难，关键是看看这些量子比特是否能够协同工作，制造出一个比部分之和更好的逻辑量子比特。也就是扩展代码时，通过使用更大的物理量子比特网格区域来编码逻辑量子比特，错误率会降低。



从可能的最小表面码开始，这叫“距离 3”码，使用 3 乘 3 的物理量子比特网格来编码一个逻辑量子比特（另外还有八个量子比特用于测量，总共 17 个）。向上升级是距离 5 的表面码，总共有 49 个量子比特。（只有奇数的码距离才有用。）

在 2023 年的一篇论文中，团队报告说，距离 5 码的错误率比距离 3 码略低。在 2024 年初，他们有了一块全新的 72 量子比特芯片，代号为 Willow，进行测试。进一步的实验表明，距离 5 码的错误率不是比距离 3 码略低，而是降低了 50%，代码距离的一步提升将逻辑量子比特的错误率减半。

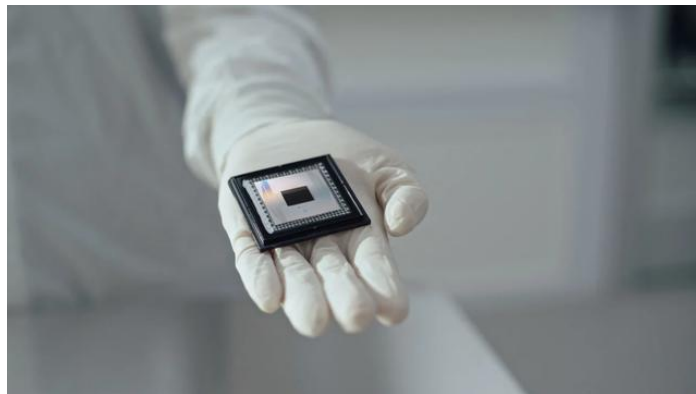
但是距离 7 码需要 97 个量子比特，超过了他们芯片上的总数。直到今年八月，一批新的 105 量子比特 Willow 芯片问世。团队进一步发现，从距离 5 码到距离 7 码再次将逻辑量子比特的错误率减半。

尽管有很多挑战，但这一研究已经表明，通用容错量子计算是可行的。

历史也让我们有理由乐观。想想经典的计算机，集成电路从几个晶体管扩展至今天上百亿个晶体管，仅仅用了不到 60 年的时间。

7) 如何理解量子纠错表面码（surface code）的码距

表面码是利用纪录拓扑形态进行纠错的，所以你看 Willow 芯片的发布会中最重要的那张图，其实就是把表面码的原理图旋转了 45 度。它才真正的揭示了 Willow 芯片的核心价值。



简单理解，大家拿起自己的手机仔细看屏幕中的像素点，手机屏幕的像素点越多显示的图像就越细致。表面码也是如此，当“表面点”越多就越能显示（表现）更细致的拓扑结构。因此在表面码的加持下理论上量子比特位越多，纠错的能力就越强。而且由于是拓扑计算，因此在达到了一定的“像素”密度下验证正确与否的开销就会趋近于下降的趋势。例如我们做个试验，下面的图形的大小都是一样的。



第一张图的像素是 10 个像素的，因此你只可以看到蓝绿灰色的色块，第二张图是 100 像素，你可以看到海边的椰子树，到了第三张图 500 像素的时候你可以看清海边椰子树下有一张躺椅，到了第四张图 1000 像素的时候你却不会从图像中再发现更多细节了。其实到 500 像素的时候你的“拓扑识别”就固定到了一个开销平衡的水准。这就是大家能理解的表面码算法。你的眼睛看所有图形的时间也只是 0.1 秒就能识别到图形上的大部分信息——开销趋近于平衡。

Willow 芯片的最大验证价值就是验证了在量子计算领域内，我们可以利用表面码技术完成量子计算的纠错，并且在一定数量的量子数量下实现了验证数据准确性（纠错）比计算任务本身的开销更低的可能性，也就是说，从这一刻起真正可能不存在错误的量子计算成为一种可能。

8) 如何理解 Willow 芯片用不到 5 分钟能够解决经典超级计算机 10^{25} 才能解决的问题





问题来源于这个数据在随机电路采样（random Circuit Sampling, RCS）测试中，Willow 芯片用了 5 分钟的时间完成了地球上现有的超级计算机 10^{25} 年的计算量。

前提是先要了解一下什么是随机电路取样（RCS），是一种量子计算的基准算法，用于验证量子计算机是否能完成经典计算机无法处理的复杂任务。它通过在一组量子比特上运行随机生成的量子逻辑门，让比特进入高度纠缠和叠加的状态，然后测量输出结果，生成一个复杂的概率分布。经典计算机在模拟这种分布时需要记录所有可能的量子态，其数量随着比特数量呈指数级增长（例如 53 个比特需记录 2^{53} 个状态）。此外，随机电路的深度增加会显著提升计算复杂度，使经典算法无法找到有效的近似方法。这使得 RCS 成为验证“量子优越性”的重要工具，也是量子计算机展示潜力的核心实验之一。

2024 年 12 月，谷歌的研究人员在《自然》杂志上发表了一篇名为《随机电路采样中的相变》的论文，介绍了他们最新研发的随机电路采样（RCS）算法。该算法的核心思想是通过随机采样的方式，从一个由大量量子比特组成的电路中获取输出结果。这一算法的突破性在于，它使得量子电路的体积在相同保真度下增加了一倍，为量子计算的发展树立了新的里程碑。与传统的量子计算方法相比，RCS 算法具有以下几个特殊之处：

1) 优化量子关联速度：RCS 算法通过使用 iSWAP 类门来优化量子关联的速度，从而最大限度地利用量子系统的计算能力。iSWAP 类门是一种特殊的量子门，它可以在两个量子比特之间快速建立关联，从而加速量子计算的过程。

2) 防止经典简化：RCS 算法的设计还考虑了如何防止经典算法对量子计算结果进行简化。通过特定的电路设计，RCS 算法使得经典算法难以对量子计算的结果进行有效的模拟，从而保证了量子计算的优越性。

3) 相变现象的利用：RCS 算法还利用了量子系统中的相变现象。研究人员发现，在特定的噪声水平下，量子系统会经历一个相变过程，从一个可被经典算法模拟的状态转变为一个具有更高计算复杂性的状态。RCS 算法通过控制噪声水平，使得量子系统能够进入这个具有更高计算复杂性的状态，从而实现更高效的量子计算。

只不过要注意的一点是，RCS 仅是验证量子优越性的重要工具而已，并不具备真正的实际应用价值。说个大家都理解的概念——如果一台计算机被设计成 3D Mark 的专用跑分机器，而不能玩任何游戏，那么这台计算机就除了跑分之外没有任何意义。

也就是说，RCS 只能是验证有这样一种情况，经典计算机被量子计算机超越，证明量子计算机在某种情况下是具有优越性的。



9) 人造量子 and 天然量子阵营的进展

人工制造量子比特的阵营包括谷歌、IBM、Rigetti、IQM 等公司，它们正在构建运用超导量子比特的计算机。在 Willow 公告中，谷歌介绍了其位于加州圣巴巴拉的专门制造超导量子比特的设施，以及该设施如何大幅提高了其量子比特处于量子态的时长。

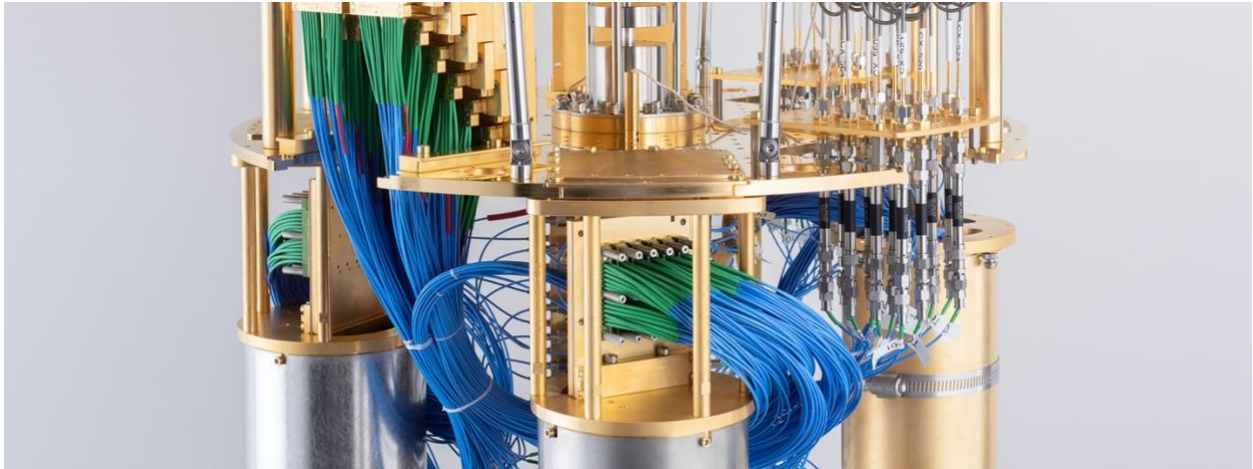
另一阵营是利用原子或光子等天然粒子创建量子比特的公司。他们认为基于半导体技术进步的量子比特制造方法将面临技术瓶颈，无法实现所需的制造精度和连接能力。此阵营包括制造受控离子计算机的 IonQ 和 Quantinuum 等公司，他们通过激光捕捉、控制和操纵原子（有初创公司选择了光子）。超导阵营指出，用激光移动原子等粒子会产生错误并降低计算速度。对于用天然粒子制造的计算机来说，扩展能力是个大难题，而制造量子比特的公司能依靠半导体行业已有的扩展能力。

量子比特之间也存在差异。这是真实粒子与人造粒子的比拼，或许这两种路径都将在市场上占有一席之地。行业标准可能会着重于明确提供给程序员的纠错或逻辑量子比特的数量。在 Willow 公告中，谷歌宣称已超越“门槛以下”水平，能够增加量子比特并减少错误。这一点至关重要，因为量子计算机需要加入备用量子比特来纠正和维持逻辑或纠错量子比特的数量。传统计算机也会纠错，但晶体管出错的概率本就微乎其微。

Quantinuum、IonQ、Atom Computing 等基于原子的计算机制造商自认为在这场竞争中处于领先地位，因为他们的量子比特的错误率相对较低。今年 4 月，Quantinuum 与微软联合发表了一篇论文，详细阐述了如何使用 30 个物理量子比特构建 4 个逻辑量子比特。这里需要提醒一下，研究人员曾表示，即使一台只有 100 个纠错量子比特的计算机，也可以实现传统计算机无法比拟的计算能力。

10) IBM 量子计算进展

IBM 量子计算在整个 2024 年进展符合预期，也没有特别的惊喜，从一个侧面也可以说明量子计算产业可能已经逐步进入产品研发正轨。



从研发的角度 IBM 在 2024 年完成了全部得预设目标，虽然在一年前行业认为他们设定的目标过于乐观，但是一年过去之后确实达成了，在某些方面并且稍微有超出预期。具体参考下面这个进展图。



IBM 量子计算开发路标

在商业方面，IBM 并没有公布具体的量子计算销售数据，确定了量子计算机在超算领域发力，规划 2025 年要交付量子计算的超级计算机商用产品，非常值得期待！如果在 2025 年真能够达成这个目标，那对整个行业就是震撼性的进展。



Quantum roadmap

The future of computing is quantum-centric.

Updated October 2024

- completed
- pushed to next year
- ⌚ on target

	2024	2025	2026	2027	2029	2033+
Quantum journey	● Introduce parallelization of quantum computations.	⌚ Demonstrate quantum-centric supercomputing.	Automate and increase the depth of quantum circuits.	Scale quantum computing.	Deliver a fully error-corrected system.	Deliver quantum-centric supercomputers with 1,000% of logical qubits.
Strategy overview	● We will improve the quality and speed of quantum circuits to allow running 5,000 gates with parametric circuits.	⌚ In 2025, we will demonstrate the first quantum-centric supercomputer by integrating modular processors, middleware, and quantum communication. We will also enhance the quality, execution, speed, and parallelization of quantum circuits.	We will enable quantum circuits with 7,500 gates through circuit quality improvement.	We will scale qubits, electronics, infrastructure, and software to reduce footprint, cost, and energy usage. The quality of quantum circuits will improve to allow running 10,000 gates.	We will bring users a quantum system with 200 qubits capable of running 100 million gates.	Beyond 2033, quantum-centric supercomputers will include thousands of qubits capable of running 1 billion gates, unlocking the full power of quantum computing.
Why this matters to our clients and the world	● Qiskit Primitives with error mitigation will provide the foundation platform where algorithm and application developers can focus on the workflows and get the best quality out of the quantum hardware.	⌚ We will make quantum computing easier to use by abstracting quantum circuits into quantum functions and Qiskit patterns, opening the way for domain libraries.	By running circuits with more gates, clients can expand their use case exploration. Circuit mapping collections will simplify mapping use cases to quantum circuits.	Scaled quantum systems will allow users to run larger computations. Multiple computing resources will be seamlessly combined to optimally handle workflows and extend the computational reach of quantum systems.	Users will be able to run large-scale problems using high-rate quantum error correction.	Quantum computers running algorithms using thousands of logical qubits are expected to enable general applications in security, chemistry, machine learning, and optimization.
The technology or innovations that will make this possible	● Built-in error mitigation will automatically determine the best method to reduce the effect of noise. ● Transpiler services will optimally rewrite circuits for hardware, taking advantage of AI. ● Watson Code Assistant will help users write Qiskit code to program quantum systems.	⌚ We will demonstrate a quantum node as part of a network that incorporates classical and quantum communication. Resource management tools will enable system partitioning, manage quantum and classical workflows, and parallel execution. Qiskit will provide libraries of quantum functions and higher-level APIs for faster algorithm and application development.	To improve performance and allow running more complex algorithms, we will enable the decomposition of quantum circuits into shorter circuits, run these in parallel using multiple quantum chip processors, stitch these circuits back together with classical hardware, and automate the process of mapping use cases to quantum circuits.	Intelligent orchestration will analyze workflows to identify the optimal resource allocation (QPUs, communication, and classical resources) for the task. Qiskit will orchestrate approaches to handle errors to provide noise-free outputs to the users. Working alongside clients, we will build and make available use-case-specific libraries in Qiskit.	A novel and efficient error correction code will extend the computational reach of quantum resources. The system will have low-level dedicated classical hardware and a compiler for quantum-centric supercomputing.	Efficient logical decoding will enable 2,000 qubits working in a distributed 100,000-qubit machine. The middleware will include distributed software tools to manage noise-free quantum computations working seamlessly with classical computations. Qiskit will include general purpose quantum computing libraries to simplify the work of developers.
How these advancements will be delivered to IBM clients and partners	● Multiple higher-quality 100+ qubit Heron processors will be connected using classical communication.	⌚ Pre-built Qiskit functions and optimized libraries will become available. Our multi-quantum-chip Flamingo system, comprised of processors each made from multiple chips, will be demonstrated.	These achievements in 2026 are slated to be integrated with our modular Flamingo systems to allow users to run circuits with up to 7,500 gates and 1,000+ qubits.	The performance of our Flamingo systems will improve to allow users to run circuits with up to 10,000 gates and 1,000+ qubits.	The Starling system will be available to clients. It will be a modular, error-corrected quantum-centric supercomputer with 200 qubits capable of running a total of 100 million gates.	Our 100,000-qubit Blue Jay system will define 2,000 qubits capable of running a total of 1 billion gates. The middleware will integrate this system into ever more powerful quantum-centric supercomputers.

来源: <https://www.ibm.com/roadmaps/quantum.pdf>

两个非常值得关注的进展:

1) 2024年, IBM 完成了位于美国纽约州波基普西 (Poughkeepsie) 的量子数据中心的最新扩建工程。该中心现已成为全球拥有最多可用量子计算机的单一设施。同时, 这些设备是其通过云向全球客户提供的十几台量子计算机中的一部分。





2023 年底，IBM 首次推出了量子苍鹭（Heron）处理器，现已在波基普西的量子数据中心投入使用。基于苍鹭处理器的系统通过云端提供服务，其性能较两年前的量子计算机提升了 16 倍，速度提高了 25 倍。包括两台基于苍鹭处理器的计算机在内，其量子数据中心内的系统都是“实用级”的。所谓实用级，是指量子计算机运行量子电路的准确性已经超过了经典计算机的模拟能力。这为全球用户开辟了探索新的计算领域的可能性，推动了能够释放量子优势的新型量子算法的发现。

2) Qiskit 已经成为业界通用的量子计算平台，同时接入其它厂家的量子计算机，成为通用的平台。IBM 开启量子计算+传统计算的混合超算平台，主攻科学发现和超大数据计算。

截至 2025 年 2 月，美国量子计算上市公司的市值情况如下：

Rigetti Computing: 市值约为 28 亿美元。

Quantum Computing Inc.: 市值约为 12 亿美元。

D-Wave Quantum: 市值约为 11 亿美元。

IonQ: 市值约为 65 亿美元。

这些公司的市值合计约为 116 亿美元。

11) IonQ 量子计算进展

IONQ 是当前市值最高的量子计算公司之一，与阿斯利康（AstraZeneca）和安世亚太（Ansys）等公司合作，展示了量子计算在药物研发和工程模拟中的实际应用价值；

技术优势：

IONQ 的核心技术是基于离子阱的量子计算，具备较高的量子比特保真度和稳定性，在处理复杂计算任务时优势明显；

财务情况：

量子计算行业领军企业 IonQ 发布了其截至 2024 年 9 月 30 日的第三季度财务报告。根据其发布的季度财报数据，该季度总营收为 1240 万美元，预订额达到了 6350 万美元（这其中包括与美国空军研究实验室签订的 5450 万美元合同），净亏损为 5250 万美元，调整后 EBITDA 亏损为 2370 万美元。它已将全年收入预期上调至 3850 万至 4250 万美元之间。截至 2024 年 9 月 30 日，该公司现金、现金等价物和投资总额为 3.828 亿美元。



IonQ 走向合作共赢的商业模式。它与主要的云平台合作，包括 Amazon 的 AWS，Microsoft 的 Azure 和 Google 的 Cloud。通过这些合作，IonQ 使得没有深厚量子技术背景或巨额研发预算的公司也能实验并部署量子解决方案。

这种定位非常重要，因为量子计算正在从一个小众领域快速发展成为一个可以解决实际商业问题的领域，尤其是在优化、提升效率方面——这是一个量子技术能颠覆的市场。

IonQ的未来发展：

目前，IonQ 从政府合同正向更广泛的企业应用过渡，准备在市场中占据越来越大的份额，准备在 AI 驱动的世界中重新定义解决复杂问题的方式，比如医药、物流路线、金融等。

IonQ 估计其总可服务市场（TAM）为 8500 亿美元。随着 AI 的兴起，强大且节能的计算需求也在不断增长。最近在离子光子纠缠和钡量子位保真度方面的突破，使得 IonQ 在该领域处于领先地位。

12) Rigetti Computing (RGTI)，打造类似英伟达的CUDA平台

财务情况：

Rigetti Computing (RGTI) 发布 Q3 财报，2024 财年前三财季累计收入 851.60 万美元，去年同期累计收入为 863.20 万美元，同比减少 1.34%。2024 财年前三财季累计净亏损 4802.70 万美元，去年同期累计净亏损为 6253.50 万美元，同比缩小 23.20%。

RGTI 手中现金约为 9200 万美元。公司估值已达到 2025 年预期收入的 100 倍，伴随较高风险，包括可能的股权稀释。

技术与平台：RGTI 生产量子计算机和处理器，并打造了 Forest 云平台，为开发者提供专门工具，帮助构建基于自家硬件的量子算法，类似于英伟达的 CUDA 技术。

13) D-Wave Quantum (QBTS)，第一个商用的量子计算机公司

财务情况：D-Wave Quantum 发布 Q3 财报，2024 财年前三财季累计收入 651.80 万美元，去年同期累计收入为 585.20 万美元，同比增长 11.38%。2024 财年前三财季累计净亏损 5780.20 万美元，去年同期累计净亏损为 6670.10 万美元，同比缩小 13.34%。QBTS 的财务状况仍处于早期发展阶段，2024 年第三季度运营成本同比下降 18%，降至 540 万美元，但收入仍较低，未来 2~3 年预计无法盈利，需依赖外部融资支撑运营。

QBTS 的量子计算即服务（QCaaS）收入同比增长 41%，并占公司总收入的 84% 以上，表明公司在商业模式转型方面取得了成功。



技术与创新：QBTS 专注于量子退火技术的开发与应用，通过其 Leap~QCaaS 平台提供量子计算服务，其量子退火系统在实际生产环境中得到企业客户使用。

QUBT 专注于将量子技术变得更经济且可操作，推出的 Dirac 系统是一款便携式、室温运行的低功耗量子计算设备，广泛应用于人工智能、网络安全和遥感等领域。

14) Quantum Corp(QMCO), 量子计算配套公司

产品优势：QMCO 专注于提供数据存储和管理解决方案，通过其新一代混合数据保护设备 DXi9200 引起了市场的高度关注，提供更高水平的网络安全、数据压缩能力以及自适应扩展功能。

财务情况：QMCO 在 2024 财年第二季度调整后的 EBITDA 实现盈亏平衡，非 GAAP 非美国通用会计准则运营支出下降了 9%，表明公司在成本控制和运营效率上的积极进展。

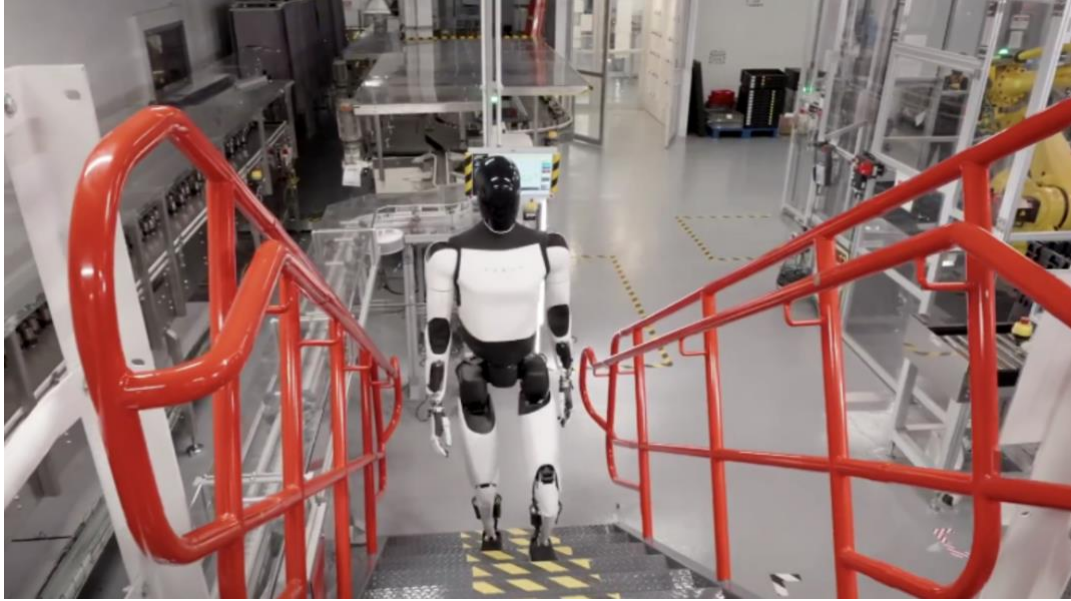
点燃投资者情绪的，仍然是预期。以 Quantum Computing 为例。根据财报，今年三季度，Quantum Computing 产生了 10.1 万美元的收入，这个数字看起来微不足道，却比去年同期 5 万美元翻番。而预计 2025 财年该公司收入将至少增长 200%。除了与霍普金斯大学的合作，三季度它还拿到了 NASA 的第五个合同，合同内容是使用其熵量子优化机 Dirac~3 来支持 NASA 的高级成像和数据处理需求，特别是解决相位展开问题，提升数据质量和准确性，并大幅降低星载激光雷达的成本。此外，该公司还在加紧建设量子计算相关硬件平台。

二、人形机器人，供应链逐步成熟，开源活跃，2025 年有望成为量产元年

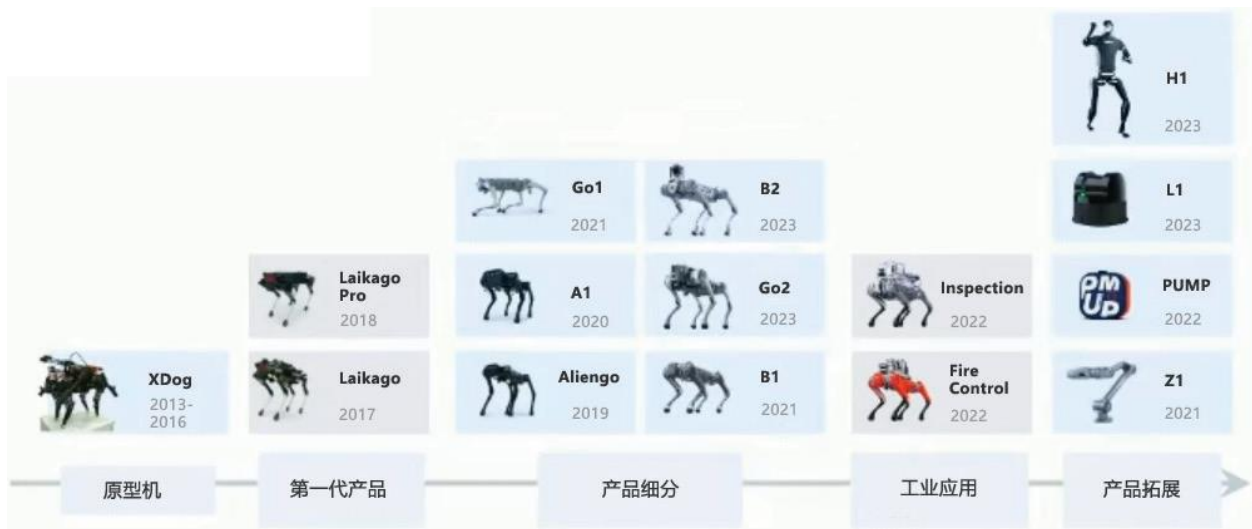
美国《时代周刊》发表了封面文章，汇集并筛选了 200 项“2024 年最佳发明”。其中，人形机器人登上封面，被称为 2024 年最伟大发明之一。

人形机器人作为科技领域的新兴力量，正逐渐从科幻走向现实。目前，市场上已有超过 50 种人形机器人处于研发阶段，其中特斯拉的 Optimus 更是备受瞩目。花旗全球洞察的分析师预测，到 2050 年，人形机器人的市场规模有望达到 7 万亿美元之巨。

2024 年 10 月 17 日，Tesla 在 X (Twitter) 上发布了人形机器人 Optimus 的最新进展，展示了其在技术和应用方面的进一步突破。自主行动与任务执行。



国内行业领先公司宇树科技机器人发展历程



在新一波人形机器人的推动下，全球劳动力也正处于变革边缘，这些机器人为仓库、餐馆、家庭甚至工厂车间带来了类似人类的适应性和智能。在海外，包括英伟达、Argon



Mechatronics、波士顿动力、Appttronik、Figure AI、Unitree、Agility Robotics 和特斯拉在内的公司正在重塑下一波智能化的可能性。

科技巨头英伟达一位高管表示，将于 2025 年上半年将其为人形机器人提供动力的新技术 Jetson Thor 推向市场，目的是在快速增长的机器人领域占有一席之地。不过，英伟达并不直接参与机器人制造，类似于谷歌向手机制造商提供安卓平台，英伟达将自身定位为技术供应商。英伟达副总裁 Deepu Talla 表示，英伟达的目标是服务“数十万家”机器人制造商，形成一个分散的市场环境。

2024 年 11 月 28 日，特斯拉机器人官方账号发布新动态，视频中 Optimus 稳稳地接住迎面抛来的网球并放下，手指可相对灵活地弯曲。特斯拉 Optimus 工程师将最新展示的灵巧手称为“里程碑式的成就”。特斯拉 CEO 马斯克此前曾表示，预计特斯拉人形机器人“Optimus”将在 2025 年底前进行少量生产，用于特斯拉工厂内部，到 2026 年可能会增加产量，面向外部客户销售。

特斯拉机器人产品迭代迅速，有望给全球机器人市场带来“鲑鱼效应”，激发人形机器人玩家的活力。在车端与机器人端零部件共通性较高的前提下，叠加大厂入局+技术迭代+政策催化的加持，人形机器人发展有望持续推进，2025 年有望成为量产元年。

人形机器人在家庭服务领域展现出巨大的潜力，如折叠衣物、修剪草坪等家务劳动，以及为老年人提供照护服务等方面，预计将迎来显著增长。此外，包裹递送、建筑施工和食品递送等领域也是人形机器人的重要应用场景。

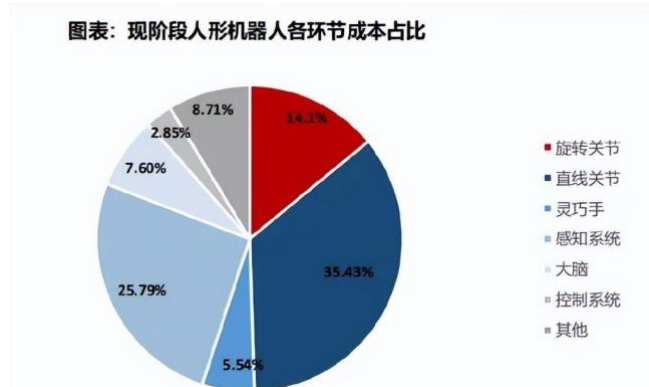
11 月 29 日，特斯拉发布了其人形机器人 Optimus-Gen2 的最新视频，展示了其 22 个自由度的灵巧手，Optimus 的机械手也取得了重大突破。手部有 22 个自由度，手腕和前臂有 3 个自由度，灵活度接近人类。这种接近人类的灵活度预示着 Optimus 可应用于更广泛且复杂的多用途场景，包括自动化仓库到老年人护理。

这几乎达到了人类 27 个自由度的水平，标志着人形机器人技术的巨大进步。特斯拉 Gen2，人形新篇章！

特斯拉人形机器人 Optimus 在多个方面展现出了巨大的潜力。它可以和观众互动，玩石头剪刀布，为客人调酒倒咖啡。马斯克表示，随着未来规模铺开，成本会随着时间的推移而降低，未来两三万美元就能买到一个人形机器人。这意味着人形机器人有望走进千家万户。

特斯拉的创始人马斯克明确表示，他们计划在 2024 年底进行小批量试产，并在 2025 年底全面量产销售。这一时间表表明，人形机器人的时代正在加速到来。

随着技术的不断进步，人形机器人在未来的应用场景中将变得更加广泛和多样化。这不仅将改变工业生产，还可能对日常生活带来深远影响。机器人相关的产业链也逐渐成熟，部件成本相对于两年前下降了好几倍。



不仅特斯拉，智元机器人也在人形机器人领域取得了显著成果。智元发布了“远征”和“灵犀”两大系列、共5款商用人形机器人新品。2024年，智元机器人预估发货量将达到300台左右。

同时，复旦大学研发的“光华一号”人形机器人也在2024世界人工智能大会亮相。它是一种情感高度仿人的柔性精巧作业机器人，聚焦养老护理需求，旨在打造老年人身边的“保健医生”。

总之，人形机器人市场前景广阔，未来有望在家庭服务、工业环境、劳动力等多个领域得到广泛应用。主要应用领域：

1) 工业领域

人形机器人在工业领域是当前应用最广的领域。人形机器人已在汽车制造等工厂中参与生产环节，例如优必选的 Walker S1 已“入职”比亚迪工厂，执行搬运任务。在汽车制造工厂，人形机器人可以进行“拧螺丝”等工作，像 Walker S1 能通过视觉精准识别料箱，并将其搬运到料车上，最大负载达15千克。随着技术的不断进步，人形机器人在工业领域将承担更多重复、危险的活儿，干活儿的效率和精准度也会不断提高。人形机器人在工业领域的应用，不仅提高了生产效率，还为员工提供了安全高效的工作环境。此外，人形机器人使用六轴力感知触觉技术，可以在生产线上精确控制抓取力度和搬运路径，避免因力度过大或过小而造成的生产事故，大大提高生产效率。

2) 极端环境的特种领域

人形机器人成为极端环境下执行科研探索、抢险救灾、安防巡检等任务的重要力量。工业和信息化部印发的《人形机器人创新发展指导意见》明确指出，要服务特种领域需求，加快人形机



器人在特种环境应用，面向恶劣条件、危险场景作业等需求，强化复杂环境下本体控制、快速移动、精确感知等能力，打造特种应用场景下高可靠人形机器人解决方案。面向要地警戒守卫场景，强化人形机器人在复杂地形高机动鲁棒行走能力、态势感知与智能决策能力。面向民爆、救援等特殊环境，强化人形机器人本体安全防护能力、复杂任务智慧生成与高精度操作能力，降低作业人员危险性。

3) 民生领域

人形机器人全面融入人们生活，从提供家政服务到参与医疗辅助等，成为不可或缺的存在。在民生领域，人形机器人可以折叠衣物、修剪草坪、为老年人提供照护服务等。2024 世界机器人大会上，27 款最新亮相的人形机器人集中亮相，展现出在家政服务上的巨大潜力。消费级全尺寸通用移动仿人机器人 Wanda 能制作汉堡、叠放衣物、洗涤衣服等。此外，人形机器人在医疗、养老、导盲等垂直领域也有广泛应用。大艾外骨骼机器人适用于各种类型下肢功能障碍患者早期中期康复训练，只要设定好程序，机器人会自动带着患者以自然步态行走。上海交通大学的具身智能导盲助手——六足机器人“慧伴”，具备较为完备的视觉和力觉感知系统，能为视障人士提供服务。工业和信息化部印发的《人形机器人创新发展指导意见》提出，要拓展人形机器人在医疗、家政等民生领域服务应用，满足生命健康、陪伴护理等高品质生活需求，推动人形机器人在农业、物流等重点行业应用落地，提升人机交互、灵巧抓取、分拣搬运、智能配送等作业能力。

机器人 2025 年发展的驱动因素：

1) 相关的技术发展推动

当前，人工智能等技术的飞速发展为人形机器人带来了前所未有的机遇。一方面，融合语音、图像、文本、传感信号、3D 点云等多模态信息，为人形机器人的感知和决策规划提供了更强的多模态理解、生成和关联能力。例如，深度学习算法能让机器人快速识别物体和场景，使机器人更好地适应各种复杂环境和任务。同时，机械结构和材料的改进，如新型轻量化材料的应用，让机器人动作更灵活、更稳定高效，且自身重量变轻、续航变长。关键零部件的技术突破和大量生产，如高爆发电机、精密减速器等，降低了生产成本，使人形机器人在价格上更具竞争力。另一方面，随着人工智能技术的不断创新，人形机器人的智能化程度不断提高。以人形机器人“大脑”为例，党中央、国务院高度重视未来产业发展，工信部印发的《人形机器人创新发展指导意见》明确了产业发展目标和重点任务，为人形机器人技术创新指明了方向。在技术进



步的推动下，人形机器人不仅能在复杂环境中进行自主决策，还能与人类进行自然的交流，具备了感知、学习和适应的能力，能够有效执行各类任务。

2) 机器人开源活跃

国内首个开源人形机器人——青龙

集成 GPT-4o 技术的全能具身机器人 ReKep，ReKep 是由李飞飞团队提出的机器人操作框架，旨在通过关系关键点约束 (Relational Keypoint Constraints) 来提升机器人的空间智能。这种方法通过将任务表示为一系列关系关键点，使得机器人能够理解和执行复杂的操作任务，如叠衣服、倒茶和打包鞋子等。

ReKep 的核心思想是将环境中的三维关键点映射到数值成本，这些关键点不仅具有任务语义，还具有空间意义。通过这种方式，ReKep 能够定义机器人操作中的约束条件，优化机器人的动作。例如，在倒茶任务中，ReKep 不仅考虑了对齐壶口与杯口的中间目标，还包括了保持茶壶直立的过渡状态，这些约束共同决定了机器人的动作。

论文地址：

<https://rekep-robot.github.io/rekep.pdf>

项目网站：

<https://rekep-robot.github.io>

代码地址：

<https://github.com/huangwl18/ReKep>

机器人集群项目 KKSwarM

KKSwarM 是一个由易科机器人实验室和阿木实验室联合开发的开源机器人集群项目，为研究人员提供一个高效、易用的集群研究平台，结合了 ROS 的强大开源生态。

KKSwarM 的核心特点包括：

- 1、全局视觉定位系统：提供了一个低成本、高精度的定位服务，适用于大规模机器人集群。
- 2、MATLAB/Simulink 仿真与算法开发环境：提供了基于 Simulink 的仿真和算法开发环境，以及可以一键生成 ROS 代码的 KKSwarM Simulink 模板。
- 3、KKDeep 深度强化学习 Simulink 模板：简化了环境配置，允许训练后的控制器一键生成代码并部署到机器人集群。
- 4、ROS rviz 在线可视化功能：提供了直观展示集群运行情况的可视化工具。



5、Matlab ROS 日志分析功能：方便采集数据进行分析，提高研发效率。

6、虚拟雷达支持：低成本实现复杂分布式算法的测试。

代码地址：

<https://github.com/kkswarm/kk-robot-swarm>

最大规模的开源机器人工具包 LeRobot

LeRobot 是由 Hugging Face 推出的一个开源项目，LeRobot 的核心功能包括：

- 1、预训练模型：提供大量预训练的 AI 模型，帮助用户快速启动机器人项目。
- 2、数据集共享：包含人类收集的演示数据集，支持机器人学习现实世界的动作。
- 3、模拟环境：与物理模拟器无缝集成，支持用户在虚拟环境中测试 AI 模型，无需物理硬件。
- 4、多功能库：不仅是软件包，还提供共享、可视化数据和训练先进模型的工具。
- 5、硬件适应性：设计用于处理各种机器人硬件，从简单机械臂到复杂人形机器人。

技术原理方面，LeRobot 采用了模仿学习和强化学习的方法，通过观察和模仿专家（如人类操作者）的行为来训练机器人。它还可能结合视觉、触觉等多种传感器数据，使机器人能更全面地理解其工作环境。此外，LeRobot 的设计允许它与各种类型的机器人硬件配合工作，从简单的机械臂到复杂的人形机器人。

代码地址：<https://huggingface.co/lerobot>

首个开源的视觉-语言操作大模型 RoboFlamingo

RoboFlamingo 是由字节跳动研究团队基于开源的多模态语言视觉大模型 OpenFlamingo，开发的一个创新的机器人操作框架。它这个框架旨在通过简单的微调，将视觉语言模型（VLM）转化为适用于机器人操作任务的模型，特别是那些涉及语言交互的任务。RoboFlamingo 的核心优势在于其能够利用少量的标注数据，在机器人操作任务上实现出色的性能。在 CALVIN 数据集上的实验结果显示，即使只使用了 1% 的带语言标注的数据，RoboFlamingo 也能在一系列机器人操作任务上达到最先进的性能水平。这表明了它在多任务学习、零样本学习以及实时响应方面的强大潜力。该框架包含的主要组件有：1、Vision Encoder：将视觉观测输入到 Vision Transformer (ViT) 中，并通过 resampler 进行下采样处理。2、Feature Fusion Decoder：将文本 token 作为输入，与 Vision Encoder 的输出进行交叉注意力操作，然后进行自注意力操作，以完成视觉与语言特征



的融合。3、Policy Head: 根据 Feature Fusion Decoder 的输出, 直接输出机器人的相对动作, 包括机械臂末端位姿和夹爪的开闭状态。

代码地址:

<https://github.com/RoboFlamingo/RoboFlamingo>

论文地址: <https://arxiv.org/pdf/2311.01378>

专为 RL_Locomotion 而生的全开源双足人形机器人 AlexBotmini

Alexbot_mini 是一款拟打算全开源的双足机器人 (包含机械, 硬件, 控制, 算法), 重点在于研究步态算法以及轻松部署步态降低 RealityGap 而设计的, 整机 Alexbotmini 下半身长度 700mm, 上半身长度 500mm, 整体符合人体比例设计。

3) 政策支持

国内外多地纷纷出台政策支持人形机器人产业发展。国内如北京、上海、深圳、重庆、南京、四川天府新区等地, 明确加速人形机器人布局, 筹建产业创新中心或制造业创新中心等服务平台, 从资金、产业园区建设、人才引进等方面给予支持。例如, 重庆市发布《重庆市支持具身智能机器人产业创新发展若干政策措施》, 加大金融支持力度, 鼓励产业投资母基金和产业资本等共同出资组建产业投资基金, 为企业提供知识产权质押融资、股权融资等服务, 并对企业实施技术改造及扩大再投资项目给予贴息支持。杭州发布《杭州市人形机器人产业发展规划 (2024—2029 年)》, 从 15 个方面提出重点任务举措, 赋能机器人产业高质量发展。南京出台相关产业政策, 提出到 2026 年, 南京市机器人产业总体发展水平要居全国前列, “机器人 +” 创新示范应用成为国内标杆, 并明确要聚力打造 “1+N+1” 整机体系, 包括前瞻布局人形机器人产业等。此外, 江苏省科技厅大力推动人形机器人的研发创新和产业化进程, 鼓励领军企业牵头组建创新联合体, 整合产业链上下游创新资源, 协同攻关关键共性技术, 推动人形机器人在安防、智能制造、民生、服务等领域创新应用, 同时产业基金也对人形机器人领域给予支持。

4) 市场需求逐步释放, 产品价格逐步下探

人形机器人市场需求增长迅猛。2023 年国内人形机器人市场规模约 30 亿元, 全世界各家机构预测中国在全球市场的占有率将有望达到 30% 左右。随着全球人口总体增速放缓, 老龄化现象尤为突出, “机器替人” 需求激增。人形机器人的发展, 为解决制造业劳动力短缺和家庭消费



需求（如老年人护理）提供了新的解决方案。商业交互服务场景相对比较简单，任务难度较低，人形机器人能够较快应用，并且相继进入工厂实训，加速智能制造落地进展。同时，随着社会经济的发展和人口老龄化的加剧，人们对于服务型机器人的需求越来越迫切。而人形机器人作为服务型机器人的代表之一，其应用场景和范围不断得到拓展和延伸，从家庭服务、医疗护理到工业生产、军事等领域都有着广泛的应用前景。到 2035 年，全世界人形机器人市场规模可能达到 10000 亿元左右，中国人形机器人规模将达到 3000 亿元左右，未来十年有望出现 100 倍的增长。

当前，人形机器人的价格仍然较高，但为了实现降价目标，机器人厂商们正在积极努力。一方面，在技术研发上寻求突破，通过技术的进步降低成本。例如，随着生产技术的改进和材料的选择丰富，关键零部件如同服电机的成本已有一定幅度的下降。同时，开放生态系统，鼓励更多企业参与核心部件的研发与生产，形成更大的市场竞争，促使价格下降。

另一方面，寻求增加国产化器件替代率。中国的机器人安装量已经位居世界首位，世界上大多数人工智能专利也都来自中国。随着国产化器件替代率的提高，成本有望进一步降低。例如，行星滚柱丝杠、六维力矩传感器、无框力矩电机等核心零部件价值量占比在 10% 以上，国产化提升空间较大，这些核心环节的技术壁垒较高，但也意味着一旦实现国产化，将带来较大的成本下降空间。

三、AI 在物理化学基础科学领域的应用--标志着 AI 已成为新的基础学科

随着计算机技术的发展和成熟，特别是大数据、AI 和量子计算技术的发展，基础物理和基础化学领域将迎来世纪发展，最近核聚变、化学制药、基因技术的突破都离不开计算机技术的应用。

19 世纪，基础物理和基础化学大量的研究突破进展，带来了人类近一百多年的科技突飞猛进。

很多人也在抱怨，20 世纪怎么了，基础理论突破明显慢了下来，其实 20 世纪是应用发展的世纪，人类的生活品质大幅提升，生产效率大幅提升，甚至到了今天同质化的生产过剩问题越显严重。

疫情以及世界高科技供应链的博弈，加剧了科技应用和生产过剩的矛盾，新一代的硬核科技会越发受到重视，主要的经济体在硬核科技领域会前所未有的加大投资，大家已经意识到半导体硅芯片改变了过去几十年的世界竞争格局，从工业角度看欧洲的衰退和美国的崛起核心就是半导体硅芯片的主导权的问题，在过去几十年的半导体应用兴起欧洲的工业领域逐步成为过去。因

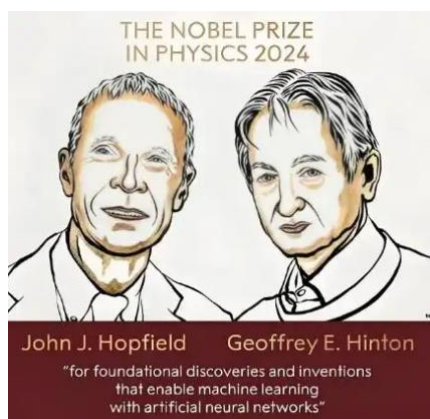


此，新技术的出现可以改变一个国家或者经济体的整体竞争态势，所以谁也不会放弃，谁能够在基础物理和基础化学领域占据技术的话语权，谁就能够主导下一代工业体系。

基础物理和基础化学研究都是期待着微观和宏观两个方向的突破，微观上探索原子、分子和电子层面的现象和性质，宏观上面从宇宙、太空和大量分子聚集的药物和化学特性的研究，几乎所有这些微观和宏观的研究，都有一个特点就是需要探索大量的数据和模型，已经超出了人体大脑和可感知的范围。从现在行业技术看，计算机技术在基础物理和基础化学领域的应用呈现加速趋势，利用计算机的大数据处理、人工智能 AI 技术、量子模拟和量子计算技术进行相关的基础物理和基础化学问题突破已经是大势所趋。

2024 年的诺奖，除了首日的医学/生理学奖，接下来的物理奖和化学奖不约而同地都给了人工智能领域，这两个奖项的授予是前无古人，但不一定是后无来者的决定。

物理奖给了普林斯顿大学的 John Hopfield 和多伦多大学的 Geoffrey Hinton，肯定了两位步入古稀之年的老教授年轻时“充满波折”的研究成果，他们应用物理学工具发现了信息科技的研究新范式，奠定了强大的机器学习的基础理论，不断引发当前的科学研究范式改变与工程创新。



化学奖颁给了蛋白质设计和结构预测 AI 工具的发明人，谷歌 DeepMind 的 Demis Hassabis、John Jumper 和华盛顿大学的 David Baker。这项 AI 工具基于人工神经网络开发出用于预测蛋白质结构和设计全新的蛋白质。其中，谷歌开发的 AlphaFold 获得了 2023 年盖尔德纳奖，而盖尔德纳奖通常被认为是诺奖风向标。



两个奖项的颁发，标志着 AI 已成为新的基础学科。

今年 2 个奖项的授予，可以说是学科融合的胜利，充分肯定了学科交叉融合的重要性，推动我们进入了一个对过去理论突破高效利用的新方式，对已有基础学科的存量理论突破性的进行交叉融合形成新的基础学科，产生新的理论突破，为人类探索自然的奥秘提供新的基础理论和新的研究工具，进一步拓宽我们认知世界的边界，以及人类发明创造的能力。我们国家的教书育人的系统是否需要与时俱进地创新学科设计？

物理奖的成果，两位科学家基于物理学中的能量概念，与数学、计算科学和神经科学的基础知识融合，开发出 Boltzmann 网络和 Hopfield 网络。新的基础理论突破从出现到引爆一个新的产业领域也需要多学科、多领域的并行突破和交叉融合，人工神经网络的识别精度在超大算力和高质量数据集的双重支撑下才被业界广泛认可与接受，也就是说“神经网络识别算法，GPU 加持的算力与高质量数据集”三方面的完美融合，才引爆了当今的 AI 新纪元。

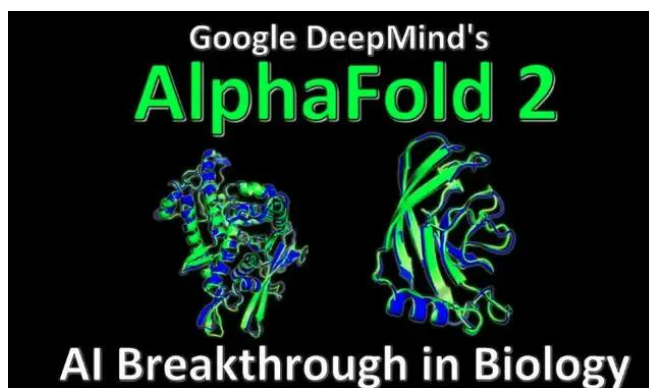
获得化学奖的蛋白质结构预测模型——AlphaFold 的发明，更是体现了结构生物和计算生物学科领域的知识从量变的积累引发质变的迭代过程，Hinton 的神经网络的价值在算力突破后被广为接受，为业界提供的新的算法架构。但如果没有全球结构生物学家共建的蛋白质数据库，基于神经网络的 AlphaFold 的训练可能就不会如此顺利，该数据库开放共享了 200000+ 的蛋白质结构数据，而其中的每一个蛋白质数据都凝聚了结构生物家数年的“心血”。

基于人工智能深度学习用于蛋白质设计的工具 Rosetta 和蛋白质结构预测的工具 AlphaFold，彻底解放了当前结构生物学“严重依赖冷冻电镜平台和博士生夜以继日观察”的研发范式和劳动投入。并且一举推到了过去横梗在这个学科发展的几座大山：重资产（批量购买冷冻电镜建电镜平台），学生多（三班倒夜以继日地观察）、以及研究经费大（支持冷冻电镜平台运行），消除了由于硬件、经费和人员不足造成的研究成果（不是科研水平和能力）的差距。一举将结构生物学从过去的起点装备“贵族”进化到“简装”易行，推动从业者进入创新、创造的竞争，行业的差距将由研究能力决定，而不是由硬件投入决定。



AI 新工具的推广应用，革新了新药开发的路径和周期，新药开发工作将从过去的大海捞针般的装备投入和人员投入转为先验知识、高质量的产业数据集的积累。制药工业常说的 10 年、10 个亿、上千人研发团队的新药开发模式将会得到明显转变。在数据库、计算设施等新型公共服务平台部署完善的情况下，未来仅需十几名或几十名研究人员组成的“轻量”新药开发团队可能将成为生物医药行业的常态。

同时，新工具的出现无疑会对现有工具和方法带来极大的破坏性，2020 年 AlphaFold2 在蛋白质结构预测挑战赛中胜出后，主办方在大赛的总结陈词中就宣布“蛋白质结构预测难题已经解决了，大家都回家并换个研究方向吧。”



但是人类的发展进化史就是一部工具和材料迭代的历史，石器、青铜和铁器等时代，每一次工具、材料迭代成功，就昭示着一个新时代的来临，而伴随着工具的进步迭代，我们认知极微世界的的能力不断增强。此外，基于新工具的使用，人类社会对资源的使用能力、利用效率和发明创造能力也都在发生翻天覆地的变化。新的 5 年规划中，资助领域是否需要涵盖工具的研发，尤其是具有变革产业发展路径潜力的新工具与新方法。

数据驱动的产业设施——汇聚高质量数据集的数据库

AlphaFold 的获奖，同时也是产业基础设施的胜利，总结下来有三件事催生了今年的诺贝尔化学奖成果。

第一，高质量的蛋白质数据库（Protein Data Bank）的开放共享，是今年化学奖的基础支撑。几十年来，全世界数千名的科学家（也包括中国科学家）上传并共享了其通过冷冻电镜，或射线衍射晶体分析等发现的蛋白质序列，以及提炼的蛋白质晶体结构，建立了公共的蛋白质数据库，该项目由一个国际科学家小组管理。可以说，DeepMind 用于训练 AlphaFold 的数据是基于成千上万的科学家毕生工作而来。

由此可见，能汇聚高质量数据集的数据设施将是未来驱动科技创新带动产业创新的新型公共服务平台，真正开放共享的运行机制是其发挥产业设施作用的关键。



其次，提供一个开放融合、最大化数据库效用的公平竞争平台，建立起“生物学家上传蛋白质结构完善扩充数据库，给算法训练提供高质量数据集，获得蛋白质结构预测设计新工具”的良性循环。

20 世纪 70 年代，John Moult 读博士时厌倦了生物学繁琐耗时的实验主义方法，转向不断发展的蛋白质计算领域，给程序提供一些氨基酸以生成正确的蛋白质结构。逐渐地，John Moult 看到了实验主义和计算主义融合的可行性：实验主义工作精细准确度高但缓慢费力，计算主义速度快但却为虚拟世界会经常出错。于是在 1994 年，Moult 及其同事 Krzysztof Fidelis 联合设立一项社区科学实验，发起结构预测关键评估（the Critical Assessment of Structure Prediction (CASP) Competition），每 2 年一次。将数据库中的蛋白质结构作为一个公共基准参考，以赛事的形式，开放共享同一标准数据集，大家可以各显神通的展示其构架的蛋白质结构预测模型，用模型算法的准确率，和当时业界“金标准”得出的蛋白质结构的准确率作对比，看谁的准确性高。至今已持续了 20 多年，通过分享代码和技术，以友好竞争的形式，朝着解决蛋白质结构预测的目标前进。

首先参赛的是 Baker 的 Rosetta，成为 1998 年的“必胜之人”。期间发生了共同进化概念的重大突破，Rosetta 在 2014 年生成了 2 个结构非常准确的蛋白质，以至于当时的评审专家都以为 Baker 完全解决了蛋白质折叠的问题。到了 2018 年，AlphaFold 首次参赛就取得令人惊叹的 60 分（过去 24 年，平均参赛得分不超过 40 分，满分 100 分）；2 年后的 2020 年，AlphaFold2 参赛，完胜所有参赛队手。于是就有了赛后主办方那番“大家回去转行”的总结陈词。

最后，行业为增加数据库中的蛋白质种类以及多样性所做的各种努力：在建立数据库之初，就确定“开放共享”的基调，所有的基因序列开放，所有的结构开放。数十年的时间里，在数据库的基础上，行业通过 CASP 相互学习，建立起良好的数据共享文化。

为了推动代码的开放共享，Baker (2024 年化学奖获得者) 的实验室在 2021 年公布了其名为 RoseTTAFold 的代码，随后 DeepMind 也共享了其代码和根据该模型预测的 2.14 亿个蛋白质结构，进一步扩大了 AlphaFold 的影响，开创了“人人为我，我为人人”的新发展模式：有了 AlphaFold 数据库，大家可以搜索构造并得到基于任何单元或序列的蛋白质结构，即便是 AlphaFold 数据库中不存在的结构，研究人员也可以将其插入模型中，通过 AlphaFold 的代码轻易得到结构预测。而共享了算法代码和其预测的蛋白质结构数据的团队在其发布 AlphaFold2 的四年后便获得诺贝尔奖。

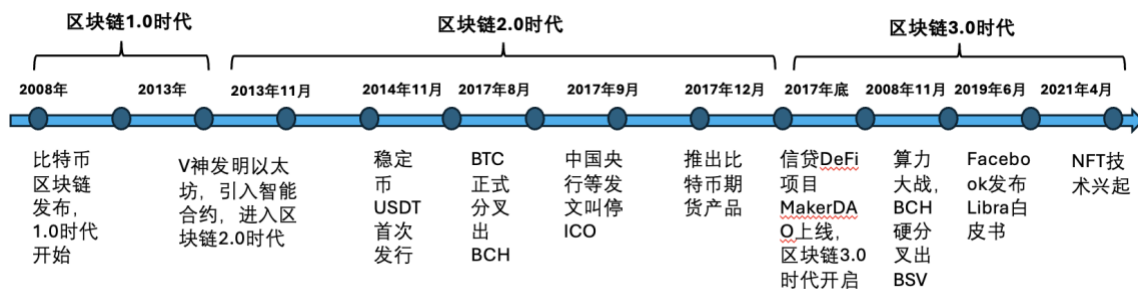
虽然，在上传发现的蛋白质结构时，结构生物学家们自己也没有想到会有这么一天，上传进数据库的蛋白质结构数据会被人“翻译”成代码，通过机器学习算法处理，用于预测新的蛋白质



结构，并设计出新的蛋白质结构。因此，今年的奖项不仅是站在巨人的肩膀上，而是在完善的数据设施基础上，站在了全世界结构生物学家们超大规模成果金字塔的顶端。

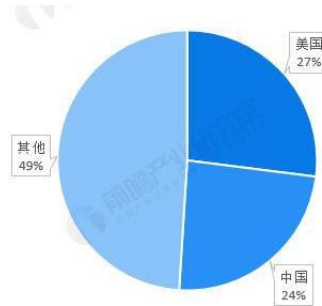
五、区块链与数字货币，区块链技术正处于 3.0 时代，怀疑和热衷都趋于平静和理性

从全球区块链的发展历程来看，2008 年，署名为“中本聪”的匿名人士发表论文《比特币：对等网络电子现金系统》，最初期望是推出一种可以自由流通的点对点电子现金，比特币的发行代表了区块链技术的开端；之后在 2013 年以太坊的推出，直接推动区块链进入到 2.0 时代；2017 年底，稳定币的流行以及 MakerDAO 上线，推动区块链进入 3.0 时代，到 2019 年 6 月，Facebook 发布 Libra 白皮书，引起全球各界的关注与讨论，各国监管部门先后发声，显示出区块链技术在重塑全球金融基础设施方面的巨大潜力。进入 2021 年后，基于 NFT 的标识技术兴起，率先在艺术领域展开应用。



截止目前，由全球各国政府推动的区块链项目数量广泛涉及了金融业、政府档案、数字资产管理、投票、政府采购、土地认证/不动产登记、医疗健康等领域。其中，美国的政府推动项目数排名第三，在探索区块链技术研发与应用落地方面表现更加积极主动。

从区块链企业来看，根据中国信通院的数据显示，美国区块链企业数量最多，占 27%；其次是中国，占到了 24%。



2024年12月15日，首届全球区块链产业峰会将在上海举行，以“全球视野，共谋发展”为主题，审视区块链技术的未来，举办“数据链动·新质生产力发展论坛”“大模型时代的可信知识管理论坛”“区块链基础设施技术论坛”及“抗量子区块链：从算法迁移到交易迁移论坛”，聚焦国内外区块链前沿创新、发展趋势和应用落地，推动区块链与实体产业深度融合应用。

隐私方面，深入研究零知识证明（ZKP）相关技术，并将运用于央行同国际清算银行香港创新中心以及同泰国、阿联酋、香港、沙特合作的多边央行数字货币桥等项目中；跨链技术方面，已实现货币桥链、航贸链、区块链服务平台链等不同系统间的跨链；共识算法方面，央行数研所与清华大学协同创新，研发了具有国际领先水平、可解决共识算法四方难题的区块链大圣

（DASHING）共识协议；DID（去中心化身份）方面，数字人民币APP已上线“数字身份”功能。

区块链标准制定情况：国内区块链标准制定成果丰硕，团体标准数量较多。

近年来，国内区块链技术应用标准研制活跃，各类标准化组织合力推进标准化工作。从2016年起，国内诸多机构开展了区块链标准立项工作，据中国信通院整理统计，截至2023年底，国内相关标准化组织累计发布区块链领域技术标准209项，其中包括，国家标准3项、行业标准8项、团体标准167项和地方标准31项。从已发布的标准来看，团体标准最为活跃，成果丰富，占比高达80%，涵盖了术语规范、技术规范、安全、性能指标、互操作、智能合约、行业应用等众多领域。

中国区块链产业基础设施规模化应用成效初步显现，从节点规模角度来看，据不完全统计，多数国内城市区块链基础设施在部署多条底层链的情况下，共识节点总数达到20个以上；部分城市区块链基础设施的节点规模已达到60个以上，管理运维的复杂性明显提升。同时，城市区块链基础设施也具备一定可扩展性，节点规模将根据应用情况调整，能够支撑未来规模化发展需求。

随着《关于加快推进区块链技术应用和产业发展的指导意见》的贯彻落实，多地省、市两级政府面向数据共享、资源管理等公共服务共性需求，加快探索城市区块链基础设施建设，统一承载相关应用，提升区块链技术平台和应用的管理效能。据不完全统计，截至2023年年底，全国范围内已有十余个城市区块链基础设施建设完成并投入使用。



短期来看，区块链作为我国“十四五”规划数字经济重点产业之一，国家层面对于产业发展的支持态度不会改变，区块链技术与经济社会各领域深度融合的良好态势不会改变，因此产业各方应保持战略定力，稳步推进区块链技术应用创新。中期来看，随着“数据二十条”等一系列政策措施相继出台和数据基础设施建设的快速推进，区块链技术能够有力支撑数据权利分置导向，推动数据要素可靠、可信、安全流转，有望在数据确权、交易、流通等场景中发挥重要价值。长期来看，Web3.0、元宇宙等新兴产业正快速发展，区块链作为其关键底层支撑技术，随着网络规模不断扩展、技术渗透率持续强化、应用成熟度稳步提升，有望为Web3.0、元宇宙等新理念提供先行先试的创新载体，探索形成可体验、可感知的新模式、新业态。根据IDC披露的数据，中国区块链市场规模未来年均复合增长率(CAGR)将达到54.6%，由此测算到2029年中国区块链市场规模将达到431亿美元。

1、技术和应用进展

1) 性能提升:

提高交易处理速度: 随着区块链应用场景的不断扩大，对交易处理速度的要求越来越高。目前，一些区块链项目正在通过改进共识算法、优化网络架构等方式，大幅提高交易处理速度。例如，采用DPoS (Delegated Proof of Stake, 委托权益证明) 共识算法的区块链，能够在一定程度上提高交易确认的效率，减少交易确认时间，从几分钟甚至几十分钟缩短到几秒。

增加系统吞吐量: 系统吞吐量是衡量区块链性能的重要指标之一。为了满足日益增长的业务需求，区块链技术需要不断提升系统吞吐量。这可以通过增加区块大小、提高区块生成频率、采用分片技术等方法来实现。比如以太坊2.0计划采用的分片技术，将区块链网络划分为多个分片，每个分片可以独立处理交易，从而大大提高整个网络的吞吐量。

2) 互操作性增强:

跨链技术的发展: 不同的区块链之间往往存在着信息孤岛问题，跨链技术的出现就是为了解决这一难题。它能够实现不同区块链之间的资产转移、数据共享和业务协同。目前，主流的跨链技术包括公证人机制、侧链 / 中继链技术、哈希锁定等。例如，Cosmos项目采用的中继链技术，通过构建一个中心区块链（中继链）来连接多个不同的区块链（分区链），实现了跨链通信和资产转移。

与传统系统的融合: 区块链技术要想在更多的领域得到广泛应用，就需要与现有的传统系统进行融合。这包括与企业的内部系统、行业的监管系统等进行对接。例如，一些金融机构正在探索将区块链技术与现有的支付清算系统相结合，以提高支付清算的效率和安全性。通过API



(Application Programming Interface, 应用程序接口) 等技术手段, 实现区块链系统与传统系统之间的数据交互和业务流程的协同。

3) 隐私保护和加强

隐私保护技术的创新: 在区块链上, 交易数据通常是公开透明的, 这虽然保证了数据的真实性和不可篡改性, 但也带来了隐私泄露的风险。为了解决这一问题, 隐私保护技术成为了区块链技术发展的一个重要方向。零知识证明、同态加密、环签名等隐私保护技术正在不断发展和应用。以零知识证明为例, 它允许证明者在不向验证者提供任何额外信息的情况下, 使验证者相信某个论断是正确的。这样, 在区块链交易中, 用户可以在不暴露交易细节的情况下, 证明自己的交易是合法有效的, 从而保护了用户的隐私。

安全机制的完善: 区块链的安全性一直是人们关注的焦点。随着区块链技术的发展, 安全机制也在不断完善。一方面, 加密算法不断升级, 以应对日益增长的计算能力和量子计算等潜在威胁。例如, 抗量子密码算法的研究正在不断推进, 以确保在量子计算时代区块链的安全性。另一方面, 区块链的安全审计和监控体系也在不断加强, 通过实时监测区块链网络的运行状态, 及时发现和处理安全漏洞和异常情况。此外, 多签名技术、智能合约安全审计等也在不断发展, 以提高区块链系统的整体安全性。

4) 分布式存储的优化

存储容量的扩大: 随着区块链上数据量的不断增长, 对分布式存储容量的需求也越来越大。未来, 分布式存储技术将不断优化, 通过采用更高效的存储算法、增加存储节点等方式, 扩大存储容量, 以满足区块链应用的需求。例如, IPFS (InterPlanetary File System, 星际文件系统) 通过分布式哈希表等技术, 实现了高效的文件存储和检索, 并且可以根据需求动态扩展存储容量。

存储效率的提升: 除了存储容量, 存储效率也是分布式存储需要优化的重要方面。这包括提高数据的读写速度、降低存储成本等。一些新型的分布式存储技术, 如基于固态硬盘 (SSD) 的分布式存储、分布式对象存储等, 正在不断涌现, 以提高存储效率。同时, 通过数据压缩、去重等技术手段, 也可以在一定程度上提高存储效率, 降低存储成本。

5) 应用拓展方面

金融领域的深化应用:

支付清算与跨境支付: 区块链技术在支付清算和跨境支付领域具有巨大的潜力。它可以简化支付流程, 降低支付成本, 提高支付的安全性和效率。例如, Ripple 公司的区块链支付解决方案, 通过使用分布式账本技术, 实现了快速、低成本的跨境支付。与传统的跨境支付方式相比,



区块链跨境支付可以减少中间环节，缩短交易时间，降低手续费。在国内，一些金融机构也在积极探索基于区块链的支付清算系统，以提高支付清算的效率和透明度。

供应链金融：供应链金融是金融领域的一个重要应用场景，区块链技术可以为供应链金融提供更加高效、透明、可信的解决方案。通过将供应链上的核心企业、上下游企业、金融机构等各方连接起来，实现信息的共享和传递，从而降低融资成本，提高融资效率，优化供应链管理。例如，蚂蚁集团的双链通平台，利用区块链技术，将供应链上的应收账款进行数字化处理，并通过智能合约实现自动清算和结算，为中小企业提供了更加便捷的融资渠道。

证券交易与资产证券化：区块链技术可以改变证券交易和资产证券化的业务流程和模式。在证券交易方面，区块链可以实现证券的发行、交易、清算和结算的全流程数字化，提高交易效率，降低交易成本，减少交易风险。例如，纳斯达克证券交易所正在探索使用区块链技术进行证券交易。在资产证券化方面，区块链可以实现基础资产的穿透式管理，提高资产的透明度和可信度，降低资产证券化的成本和风险。

物联网领域的融合发展

设备身份认证与管理：在物联网中，设备数量庞大且分布广泛，设备的身份认证和管理是一个重要的问题。区块链技术可以为物联网设备提供去中心化的身份认证和管理解决方案。通过为每个设备分配唯一的数字身份，并将其记录在区块链上，实现设备身份的不可篡改和可追溯。这样可以有效地防止设备身份被伪造或篡改，提高物联网设备的安全性和可信度。例如，IOTA 项目通过使用 Tangle 技术，为物联网设备提供了一种无需手续费的分布式账本，实现了设备的身份认证和数据传输。

数据安全与隐私保护：物联网产生大量的数据，这些数据的安全和隐私保护至关重要。区块链技术可以通过加密算法和分布式存储等方式，保障物联网数据的安全和隐私。例如，在智能家居领域，通过将家庭设备的数据存储在区块链上，并采用加密技术对数据进行加密，可以防止数据被非法窃取和篡改，保护用户的隐私。同时，区块链的分布式存储特性也可以避免数据集中存储带来的安全风险，提高数据的安全性。

智能合约与自动化交易：智能合约是区块链技术的一个重要应用，它可以在物联网中实现自动化的交易和业务流程。例如，在智能电网中，通过将电力交易的规则和条件编写成智能合约，并部署在区块链上，当满足交易条件时，智能合约可以自动执行交易，实现电力的实时交易和调度。在物流领域，通过将物流运输的合同条款编写成智能合约，并与物联网设备的数据相结合，可以实现物流运输过程的自动化监控和管理，提高物流效率和服务质量。

医疗领域的创新应用：



医疗数据管理与共享：医疗数据的安全、隐私和共享是医疗领域的重要问题。区块链技术可以为医疗数据的管理和共享提供解决方案。通过将患者的医疗数据存储在区块链上，并采用加密技术和授权机制，确保患者数据的安全和隐私。同时，区块链的分布式存储和共识机制可以实现医疗数据的跨机构、跨地域共享，提高医疗数据的利用效率，为医疗诊断、研究和决策提供支持。例如，MedRec 项目利用区块链技术，实现了患者医疗数据的分布式存储和共享，患者可以自主控制自己的数据访问权限，提高了医疗数据的安全性和患者的隐私保护。

药品溯源与监管：药品的溯源和监管对于保障公众健康至关重要。区块链技术可以为药品的溯源和监管提供技术支持。通过将药品的生产、流通、销售等环节的信息记录在区块链上，实现药品全流程追溯。监管部门可以通过区块链平台实时监控药品的流向和质量，及时发现和处理问题药品，提高药品监管的效率和效果。例如，阿里健康的“码上放心”平台，利用区块链技术，为药品提供了一物一码的追溯服务，消费者可以通过扫描药品上的二维码，了解药品的生产、流通信息，增强了对药品的信任度。

医疗保险与理赔管理：在医疗保险和理赔领域，区块链技术可以提高保险业务的效率和透明度，减少欺诈和纠纷。通过将保险合同、理赔记录等信息存储在区块链上，实现保险业务的数字化管理。在理赔过程中，利用区块链的智能合约技术，可以自动执行理赔条件的判断和理赔金额的计算，提高理赔效率，减少人为干预和错误。同时，区块链的不可篡改特性可以防止保险欺诈行为的发生，保障保险公司和投保人的利益。

政务领域的积极探索：

电子政务与政务数据管理：区块链技术可以应用于电子政务领域，提高政务服务的效率和透明度。例如，通过将政务数据存储在区块链上，可以实现政务数据的安全共享和可信交换，避免数据重复采集和数据不一致的问题。同时，区块链的智能合约技术可以实现政务业务流程的自动化和智能化，提高政务服务的效率和质量。例如，在一些地方的政务服务平台中，已经开始尝试使用区块链技术实现电子证照的管理和共享，市民可以通过手机 APP 随时随地查看和使用自己的电子证照，无需再携带纸质证照，方便了市民的生活。

公共资源交易与监管：在公共资源交易领域，区块链技术可以实现交易过程的透明化和可追溯性，防止交易中的腐败和欺诈行为。通过将公共资源交易的信息记录在区块链上，包括招标公告、投标文件、评标结果等，实现交易全过程的公开透明。监管部门可以通过区块链平台实时监控交易过程，及时发现和处理违规行为，保障公共资源交易的公平公正。例如，一些地方的公共资源交易中心已经开始采用区块链技术，实现了土地出让、工程建设项目招标等交易的全流程监管。



身份认证与数字身份管理：身份认证是政务服务的基础，区块链技术可以为身份认证和数字身份管理提供更加安全、便捷的解决方案。通过将公民的身份信息存储在区块链上，并采用加密技术和数字签名技术，确保身份信息的安全和不可篡改。公民可以通过手机 APP 等方式，随时随地使用自己的数字身份进行身份认证和业务办理，无需再携带身份证等实体证件，提高了身份认证的效率和便捷性。例如，一些国家已经开始探索基于区块链技术的数字身份证系统，为公民提供更加安全、便捷的身份认证服务。

2、区块链技术未来发展趋势

1) 智能合约的进一步发展

更强大的功能和安全性：智能合约作为区块链技术的核心应用之一，将不断发展和完善。未来，智能合约将具备更强大的功能，如复杂的逻辑判断、多条件触发、与外部系统的交互等。同时，智能合约的安全性也将得到进一步提升，通过形式化验证、安全审计等手段，减少合约漏洞和被攻击的风险。

更高的执行效率：随着区块链性能的提升，智能合约的执行效率也将不断提高。这将使得智能合约能够在更短的时间内处理更多的交易和业务逻辑，为各种应用场景提供更高效的服务。例如，通过优化合约代码、采用更高效的虚拟机等方式，可以显著提高智能合约的执行速度。

更好的可维护性和可扩展性：智能合约的可维护性和可扩展性将成为未来发展的重点。开发人员将能够更方便地对智能合约进行升级、修复和扩展，以适应不断变化的业务需求。同时，智能合约的模块化设计和组合将使得不同的合约可以相互调用和组合，形成更复杂的业务逻辑。

2) 区块链与人工智能的融合

数据驱动的智能决策：区块链技术可以为人工智能提供安全、可靠的数据存储和共享平台，而人工智能则可以利用这些数据进行学习和分析，为区块链应用提供智能决策支持。例如，在供应链金融中，人工智能可以通过分析区块链上的交易数据和企业信用数据，为金融机构提供风险评估和决策建议，提高融资效率和降低风险。

自动化的智能合约执行：人工智能可以与智能合约相结合，实现自动化的合约执行和管理。通过机器学习和自然语言处理技术，人工智能可以理解合约条款和业务逻辑，并自动执行相应的操作。例如，在保险理赔中，人工智能可以根据保险合同和事故报告，自动判断理赔条件是否满足，并进行理赔支付。

更高效的区块链网络管理：人工智能可以用于优化区块链网络的性能和管理。例如，通过分析网络流量和节点状态，人工智能可以自动调整网络参数，提高网络的吞吐量和稳定性。同时，人工智能还可以用于检测和防范网络攻击，保障区块链网络的安全。



3) 区块链与物联网的深度融合

物联网设备的身份认证和管理：区块链技术可以为物联网设备提供安全、可靠的身份认证和管理机制。通过将设备的身份信息和操作记录存储在区块链上，可以实现设备的可追溯性和不可篡改，防止设备被伪造或篡改。同时，区块链的分布式账本技术可以实现设备之间的安全通信和协作，提高物联网的安全性和可靠性。

物联网数据的安全存储和共享：物联网产生大量的数据，这些数据的安全存储和共享是一个重要的问题。区块链技术可以为物联网数据提供去中心化的存储和共享平台，确保数据的安全和隐私。同时，区块链的智能合约技术可以实现数据的授权访问和使用，提高数据的利用效率。

物联网与区块链的协同发展：物联网和区块链技术的融合将促进两者的协同发展。物联网设备可以为区块链网络提供更多的节点和数据，提高区块链的性能和可靠性。同时，区块链技术可以为物联网应用提供安全、可信的基础设施，促进物联网的广泛应用和发展。

3、区块链技术未来应用拓展方面

能源领域的应用：

分布式能源交易：区块链技术可以实现分布式能源的交易和管理，提高能源的利用效率和可再生能源的比例。通过将能源生产、传输和消费的信息记录在区块链上，可以实现能源的实时交易和结算，减少中间环节和交易成本。同时，区块链的智能合约技术可以实现能源的自动调度和优化，提高能源系统的稳定性和可靠性。

能源供应链管理：区块链技术可以用于能源供应链的管理，提高能源的供应效率和质量。通过将能源的生产、运输、存储和销售等环节的信息记录在区块链上，可以实现能源供应链的全程追溯和监管，防止能源的浪费和损失。同时，区块链的智能合约技术可以实现能源供应链的自动化管理和优化，提高能源供应链的效率和竞争力。

碳交易和节能减排：区块链技术可以为碳交易和节能减排提供技术支持。通过将碳排放权的交易和管理记录在区块链上，可以实现碳交易的透明、公正和高效，促进企业的节能减排和可持续发展。同时，区块链的智能合约技术可以实现碳排放的自动监测和核算，提高碳交易的准确性和可靠性。

文化娱乐领域的应用：

数字版权保护：区块链技术可以为数字版权保护提供有效的解决方案。通过将数字作品的版权信息和交易记录存储在区块链上，可以实现数字作品的版权登记、授权和交易的全程追溯和监



管，防止数字作品的盗版和侵权。同时，区块链的智能合约技术可以实现数字作品的自动授权和付费，提高数字版权的管理效率和收益。

票务和活动管理：区块链技术可以用于票务和活动管理，提高票务的安全性和可靠性。通过将票务信息和交易记录存储在区块链上，可以实现票务的防伪、可追溯和不可篡改，防止票务的伪造和欺诈。同时，区块链的智能合约技术可以实现票务的自动销售和结算，提高票务的销售效率和管理水平。

游戏和虚拟资产交易：区块链技术可以为游戏和虚拟资产交易提供安全、可信的平台。通过将游戏中的虚拟资产和交易记录存储在区块链上，可以实现虚拟资产的所有权确认、交易和转移的全程追溯和监管，防止虚拟资产的被盗和欺诈。同时，区块链的智能合约技术可以实现虚拟资产的自动交易和结算，提高虚拟资产的交易效率和安全性。

教育领域的应用：

学历认证和教育记录管理：区块链技术可以为学历认证和教育记录管理提供安全、可靠的解决方案。通过将学生的学历信息和教育记录存储在区块链上，可以实现学历认证的快速、准确和可信，防止学历造假和篡改。同时，区块链的分布式账本技术可以实现教育记录的共享和互认，提高教育资源的利用效率和教育质量。

在线教育和学习成果认证：区块链技术可以用于在线教育和学习成果认证，提高在线教育的质量和可信度。通过将在线教育的课程信息、学习记录和考试成绩存储在区块链上，可以实现在线教育的全程追溯和监管，防止在线教育的作弊和欺诈。同时，区块链的智能合约技术可以实现学习成果的自动认证和学分转换，提高在线教育的学习效率和成果认可度。

教育资源共享和协作：区块链技术可以促进教育资源的共享和协作，提高教育资源的利用效率和教育质量。通过将教育资源的信息和使用记录存储在区块链上，可以实现教育资源的共享和授权，促进教育资源的流通和利用。同时，区块链的智能合约技术可以实现教育资源的协作和共创，提高教育资源的质量和创新能力。

总之，区块链技术作为一种新兴的技术，具有广阔的发展前景和应用潜力。未来，区块链技术将在技术创新、应用拓展和行业规范与监管等方面不断发展和完善，为各个行业的发展带来新的机遇和挑战。我们应该积极关注区块链技术的发展动态，加强技术创新和应用探索，推动区块链技术的健康发展，为经济社会的发展做出贡献。

五、卫星通信，卫星互联网“竞赛”全面开启

卫星通信：以太空为基石的广域通信网络系统。

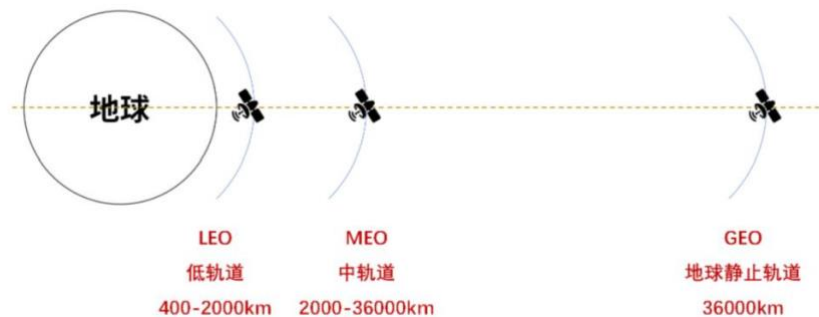
卫星通信是一种受益于卫星广覆盖能力，用以弥补地面通信系统的局限性，并实现更广阔连接的通信类应用，是地面通信体系的重要辅助。

卫星通信具有三大特点：

- 1) 信号覆盖范围广：可以覆盖大片区域，能够服务于偏远地区以及海洋；
- 2) 信号传输距离远：卫星在高空轨道运行，能够实现地球上遥远位置之间的通信；
- 3) 抗干扰能力强：卫星通信采用超高频和微波频段，能有效抵御各种干扰信号。

卫星通信一般有三种分类方式：

- 1) 依据应用领域层面可分为通信卫星、导航卫星、遥感卫星等；
- 2) 依据下游的适用对象层面可分为军用卫星、政府卫星、民用卫星等；
- 3) 按照轨道高低层面可分为低轨道卫星（LEO）、中轨道卫星（MEO）、高轨道卫星（GEO）。



步入 2024 年，卫星互联网领域捷报频传：

2 月，“中国移动 01 星”和“星核”验证星成功发射入轨；

5 月，上海蓝箭鸿擎科技向 ITU 提交了包含 1 万颗卫星的“鸿鹄三号”卫星星座申请备案；

6 月，银河航天在泰国建成基于低轨宽带卫星互联网星座“小蜘蛛网”的地面试验站；

8 月，上海垣信“千帆星座”首批组网卫星以“一箭 18 星”的方式发射入轨；

9 月，时空道宇“一箭 10 星”将吉利星座 03 组卫星发射入轨……在商业航天公司与地面运营商的共同努力下，我国卫星互联网领域呈现出一派欣欣向荣的美好景象。

然而，倘若把目光投向全球，便会发现形势并不乐观。领先者如 SpaceX 已经发射了 7062 颗星链星座卫星，在 100 多个国家和地区提供高速互联网连接服务，用户规模超过 400 万人；排名第二的英国 OneWeb 也已发射 700 多颗卫星。数字方面的差距，映射出技术、应用、模式等方面的不足，也愈发凸显空域资源竞争的战略紧迫性。



伴随着航天技术的发展、商业卫星的不断升空，世界主要国家纷纷入局，卫星互联网“竞赛”全面开启。从铱星计划到 O3b 星座、星链星座，再到 GW 星座和千帆星座，卫星互联网经过几波建设热潮，已经成为全球瞩目的热点领域。

统计数据显示，截至 2023 年 12 月，全球在轨运行卫星共计 9691 颗，比 2013 年增长了 8 倍之多；2024 年 1—9 月新增 800 多颗，总量达到 10505 颗，并且这一数字几乎每天都在更新，彰显了卫星互联网加速发展的态势。

具体到我国，1972 年北京一、二号卫星地面站获批建设，标志着我国卫星通信业务的开始。经过 50 多年的发展，我国涌现出了中国卫通、亚太星通、中兵北斗、中国星网、银河航天、上海垣信、时空道宇等商业航天公司，同时地面运营商也积极布局，探索星地融合及空天地一体化的无限可能。

然而无法回避的事实是，无论高轨卫星还是低轨卫星，我国与欧美相比均处于追赶阶段。“从技术角度看，我国高轨卫星与欧美相比有 10 年的差距，而低轨卫星则刚刚起步。”在“2024 卫星互联网技术与产业发展论坛”上，与会专家一致认为。

在高轨方面，虽然我国发射了天通一号、中星、亚太等系列卫星，但是卫星制造成本较高，总体建设进度滞后；在低轨方面，我国在卫星运载能力、在轨处理能力等方面存在短板，限制了卫星的发射以及对卫星互联网的整体布局。

事实上，目前全球卫星互联网领域呈现出一家独大的市场格局。规模最大的 SpaceX，不仅以 72% 的全球低轨卫星总量占比和 60% 的全球卫星发射总量占比遥遥领先，并且已经迈过盈亏平衡点，实现了商业闭环，成为资本市场的“宠儿”。在卫星互联网发展道路上，SpaceX 已经一骑绝尘。

国家	公司	星座名称	数量 (颗)	建成年份	轨道高度	频段	用途
美国	Space X	StarLink	11927	2027	1130km	Ku,Ka,V	宽带
英国	OneWeb	OneWeb	2468	2027	1200km	Ku,Ka,V,E	宽带
美国	铱星公司	第二代铱星	75	2018	780km	-	宽带、STL
美国	波音	波音	2956	2022	1200km	V	宽带
美国	亚马逊	Kuiper	3236	-	590km/610km /630km	Ka	宽带
美国	Facebook	Facebook Athena Project	77	-	1200km	-	
加拿大	Telesat	Telesat	298	2023	1248km/1000 km	Ka	宽带
加拿大	AAC Clyde	Kepler	140	2022	-	Ku/Ka	物联网
印度	Astrome	Space Net	150	2020	1400km	毫米波	宽带
俄罗斯	Yaliny	Yaliny	135	-	600km	-	宽带

目前，全球绝大多数国家对于频率和轨道资源采用协调法，即通过国际申报、国际协调、国际登记来获取卫星频率和轨道资源，遵循的原则是“先申先得、先占先得”甚至“先占永得”。

由于卫星频率和轨道等太空资源属于全球性不可再生的稀缺资源，因此主要发达国家均采取“占频保轨”的策略，大规模部署低轨卫星互联网星座系统，以争夺卫星频率和轨道资源，构建新一代网络控制权。值得注意的是，全球低轨最大容量为 6 万颗星，而目前全球申报数量已超过 10 万颗。虽然 ITU 规定了频轨资源的核减细则，如申请者未在规定时间内按照规定数量发射卫星，则其已经获取的资源将被核减，但是需求和容量之间的差距依旧显现出了频轨资源的紧张稀缺，因此我国加快布局卫星互联网已迫在眉睫、刻不容缓。

SpaceX 星链与发射业务均引领行业发展。截至 2024 年 4 月，SpaceX 已经向 LEO 发射了超过 6,000 颗星链卫星，其中大约 400 颗卫星已脱离轨道，有 5600 颗卫星正在运行，占到全球总活跃卫星数量的 50% 左右，拥有举足轻重的地位。这成就背后，猛禽发动机的迭代进化功不可没。第三代猛禽发动机的诞生，标志着 SpaceX 在推动太空探索技术上的又一重大突破，其内部流动路径的优化与再生冷却技术的引入，实现了性能、可靠性和成本的三重飞跃。

猛禽发动机的迭代升级，从 V1 至 V3，每一步都承载着技术创新与成本优化的双重使命。V3 发动机较前两代在推力、结构精简、成本控制上实现了质的飞跃，其内部化二次流道与再生冷却技术的应用，更是体现了 SpaceX 对追求效率与复用性的要求。内化二次流道不仅整合了发动机的次要气流通道的，简化结构，减轻重量，还显著提高了发动机的可靠性和性能。再生冷却技术的内部集成设计，不仅减轻了重量，提高了热效率，也确保了发动机在极端环境下的稳定运行，为实现快速完全复用的太空运输系统奠定了坚实基础。



马斯克的“第一性原理”在发动机设计中的应用，通过 3D 打印技术的大量使用，进一步体现了对“最佳零件是无零件”的追求。3D 打印的集成与精简，不仅在设计上实现了创新，也在生产效率和成本控制上带来了革命性变化。从发动机部件到燃料系统组件，从隔热罩到有效载荷整



流罩，3D 打印技术的应用贯穿 SpaceX 的整个供应链，为星舰及 Super Heavy 助推器的高效生产和性能提升带来了前所未有的可能。

中国在低轨卫星互联网领域的雄心壮志正随着“千帆星座”（又名：G60 星链计划）的稳步推进而逐渐显现。这一项目由上海垣信卫星科技有限公司引领，自 2023 年启动以来，便以全频段、多层多轨道的创新设计，以及包含三代卫星系统的规划，吸引了全球目光。

2024 年 8 月 6 日，项目迎来了关键里程碑——首批 18 颗组网卫星通过“一箭 18 星”的壮举成功部署，标志着“千帆星座”的网络构建迈出了坚实的第一步。

初步构建全球覆盖的卫星互联网系统。这一阶段的目标是实现区域网络覆盖，为后续的全球连接奠定基础。预计今年内 108 颗卫星将发射升空，而整个一期计划将发射 1296 颗卫星，为打造 1.4 万多颗低轨宽频多媒体卫星组网的宏图铺路。按照规划，“千帆星座”将在 2025 年完成一期 648 颗卫星的部署，“千帆星座”的建设将分三步走：至 2025 年底，648 颗卫星将提供区域网络覆盖；到 2027 年，相同数量的卫星将实现全球网络覆盖；最终，至 2030 年底，星座将拥有 1.5 万颗卫星，实现手机直连的多业务融合服务，覆盖全球。这一系列目标的实现，将极大地提升中国在全球卫星通信领域的竞争力，为国内乃至全球用户提供更广泛、更高质量的通信服务，标志着中国在低轨卫星互联网技术与应用方面进入了新的阶段。

卫星通信的技术趋势

1) 技术趋势一：低轨卫星建设进程加速

卫星互联网业务发展重点在于低轨卫星建设。低轨是指距离地面高度约 350 公里的轨道，远低于轨道高度为 600-1200 公里的传统低轨道（LEO）。超低轨道的引入可能改变互联网范式。低轨卫星具有以下特点：1) 低时延：低轨卫星通信链路均为视距通信，支持视频通话、网络直播、在线游戏等实时性要求较高的应用；2) 容量大：卫星数量相对中轨卫星、高轨卫星较多，通常采用 Ka/V 频段或更高频段，可实现超过 500Mbit/s 大容量通信；3) 广泛应用型：通过星间链路可实现全球覆盖，不受地域限制，可将通信范围扩大至远洋和沙漠；4) 多种技术协同发展：点波束、多址接入、频率复用等技术可缓解低轨卫星网络中存在的频率资源紧张等问题。

2) 技术趋势二：带宽、数据传输需求助力高通量卫星市场扩容

高通量卫星（HTS），可提供比常规卫星高出数倍甚至数十倍的容量，传统通信卫星容量不到 10 吉比特每秒（Gbit/s），HTS 容量可达几十吉比特每秒到上百吉比特每秒。高通量卫星具有两方面的天然优势：1) 具有更多的频率资源：传统卫星普遍使用 4~8 GHz 的 C 波段，频率较低且太过拥挤；而高通量卫星广泛使用 Ku 波段（12-18 GHz）和 Ka 波段（27-40 GHz），可有效实



现资源传输。2) 负载能力强：高通量卫星使用电推动加化学推动、混合动力等供电技术，本身卫星平台体积较大，信号转发器数量较多，使得高通量卫星具有大带宽的特征。

3) 技术趋势三：空天地一体化

空天地一体化的焦点在于融合，非地面网络与地面网络相互赋能。一体化系统将通过轨道卫星构成的天基网络、飞行器构成的空基网络、传统的地基网络三方面协同作用。其中，地面网络的优势在于其强大的计算、存储、数据传输能力，以及低时延、低成本覆盖能力；非地面网络（天基、空基）可以突破地表限制，实现全球全域的无线覆盖和大尺度的快速通信服务，在偏远地区具有更低的覆盖和容量成本。

一体化通信体系将具备如下特征：1) 实现不同轨道卫星统一规划；2) 多网络深度融合，采用统一空口技术与核心网架构；3) 多层次覆盖，可提供多重业务类型；4) 端到端统一编排调度，实现智能业务体验。统一的规划部署及系统运维将在降低时延、节省后向带宽、CDN内容分发、图像渲染、区块链能力等方面持续赋能，助力算力侧与通信侧应用领域持续成长。

纵向对比看，中国卫星通信市场规模稳步前行，卫星技术持续革新。我国卫星通信行业高速发展，在光开关、光信息处理、新发射工具及新轨道技术等方面均已经实现一定突破。同时，卫星通信行业市场规模增速除2020年外多年高达10%以上，2017年卫星通信仅540亿元的市场规模，到2022年，市场规模预估已达到878亿元。横向对比看，中国市场扩展空间仍然广阔。根据UCS统计，2021年全球在轨卫星数量共计4852颗，其中美国、中国、俄罗斯拥有数量分别为2944颗、499颗、169颗，共计占比超过70%。对标美国，中国卫星产业发展仍然拥有近6倍的市场扩容空间。

六、自动驾驶，到2025年，高速NOA将成为标配，城市NOA逐步普及，竞争白热化

2024年第三季度百度萝卜快跑提供的自动驾驶订单为98.8万单，同比增长20%，其中全无人驾驶单量占全国总单量超过70%，2024年10月，全无人驾驶单量的比例进一步增加至80%。截至2024年10月28日，萝卜快跑累计提供自动驾驶出行服务订单超过8百万单。

百度“萝卜快跑”无人驾驶出租车服务的持续升温，不仅是技术进步的体现，更是自动驾驶技术商业化进程加速的重要标志。随着更多城市的开放运营和车辆规模的不断扩大，我们有理由相信，一个更加智能、安全、便捷的无人驾驶出行时代正在向我们大步走来。



2024年，全球汽车行业正经历着深刻的数智化变革。数字化和智能化技术的融合，全面重塑了汽车产业链，从生产制造到销售服务，再到用户体验。传统燃油汽车的市场占有率不断下降，新能源车辆，尤其是电动汽车的比例持续上升。同时，智能驾驶、电动化和人工智能技术，已成为推动汽车行业进步的主要动力。

2024年，消费者对智能化和环保车型的需求持续增长。根据市场调查，超过50%的新车购买者希望车辆具备高级别的自动驾驶功能。智能驾驶辅助系统、车内AI交互和环保性能，已成为购车时的重要考虑因素。

特斯拉作为全球智能驾驶领域的先锋，其全自动驾驶（FSD）功能取得了重大突破，显著提升了车辆的自动驾驶能力。在中国，蔚来、小鹏、小米、百度Apollo、Momenta等新兴车企和科技公司，通过技术创新和独特的产品设计，赢得了大量消费者的青睐。这些厂商的积极布局，加速了汽车行业的数智化进程。

端到端自动驾驶技术的崛起

2024年，智能驾驶技术取得了突破性进展。端到端自动驾驶技术正成为智能驾驶领域的焦点。相比传统的模块化架构，端到端系统通过一个统一的深度学习模型，直接将传感器输入映射为车辆控制输出，减少了中间环节，提升了系统的实时性和准确性。

这种技术的优势在于更高的实时性和准确性，消除了各模块之间的信息传递误差，提高了响应速度。同时，端到端模型具备更强的泛化能力，能够通过大规模数据训练，适应复杂多变的道路环境。

各大企业纷纷投入端到端自动驾驶技术的研发。特斯拉全面转向纯视觉方案，推出了Tesla Vision，放弃了雷达传感器，专注于端到端的视觉感知和决策。百度Apollo推出了基于纯视觉感知的Apollo Lite端到端自动驾驶方案，降低了对高精度地图和激光雷达的依赖。小鹏汽车的XNGP全场景智能辅助驾驶也基于端到端的深度学习模型，实现了从高速到城市道路的全场景覆盖。

为深入了解车企对端到端自动驾驶的看法，我们采访了行业领先的自动驾驶公司Momenta。当被问及“您认为2024年最重要的汽车数智化技术是什么？为什么？”，Momenta的一位高管指出：“在2024年，端到端自动驾驶技术将成为最为关键的技术。当前的模块化架构在信息传递和反应速度方面存在一定的限制，而端到端系统通过单一的深度学习模型直接将传感器数据转化为车辆控制指令，从而提升了系统的实时性和精确度。这种方法有效减少了信息丢失，实现了整体优化，更加精准地模拟人类驾驶行为，尤其是在复杂的城市交通环境中。”

由此可见，端到端自动驾驶被视为引领 2024 年汽车数智化发展的关键技术。相比传统的模块化架构，端到端系统在信息处理和决策效率上具有明显优势，能够更好地应对复杂的城市交通环境。这一技术的突破，有望显著提升自动驾驶的实用性和安全性，加速智能驾驶的普及。高端自动驾驶技术正逐渐赢得更多消费者的认可。在中国和美国，用户对 L4 级别的自动驾驶表现出极大的兴趣，这为端到端技术的广泛推广奠定了坚实的市场基础。



数据来源于《2021-2027年中国自动驾驶市场全景调研与投资可行性报告》

自动驾驶 2024 年技术进展

端到端技术与车联网（V2X）的融合

端到端自动驾驶与车联网（V2X）技术的融合，正在成为行业的新趋势。V2X 技术使车辆能够与其他车辆、基础设施以及行人设备进行实时通信，获取更多环境信息，弥补传感器的盲区和局限性。

这种融合增强了端到端模型的感知能力，V2X 提供的环境信息可作为模型的辅助输入，提升感知精度和决策安全性。各大厂商也在积极探索这一方向。百度 Apollo 与多地政府合作，推进车路协同的智能交通系统建设，将 V2X 信息融入端到端模型。小鹏汽车在部分车型上试点 V2X 功能，进一步增强端到端自动驾驶的环境感知。

一位行业专家也指出，“V2X 的发展对于提升交通安全和效率具有关键作用。它直接影响着自动驾驶技术的落地，在未来智能城市中扮演着不可或缺的角色。”

人工智能的深度应用

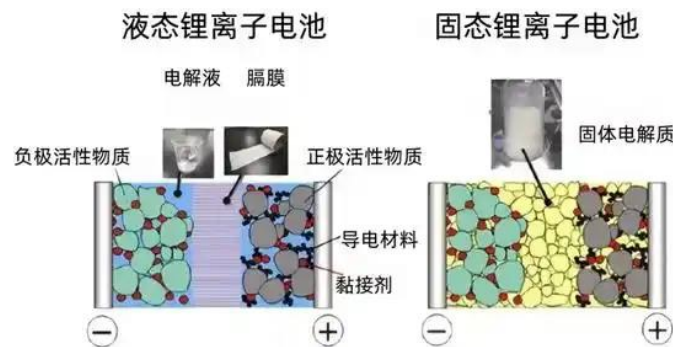
人工智能在汽车领域的应用日益广泛。车载语音助手、驾驶行为分析和个性化推荐等 AI 功能，提升了驾驶体验。华为的问界 7 搭载了 HarmonyOS 智能座舱系统，实现了多终端的无缝联动。满足了消费者对车内 AI 交互的需求。未来，随着端到端自动驾驶技术的成熟，汽车将成为真正的“智能移动空间”。

针对未来自动驾驶的发展趋势，Momenta 的 CEO 曹旭东在谈及未来自动驾驶的发展趋势时表示：“我们认为，城市高阶智能驾驶在未来五年会呈现爆发式增长态势。‘智驾摩尔定律’指出，软件体验每两年提升十倍，硬件成本每两年减半。预计到 2025 年底或 2026 年初，城市 NOA 的 BOM 成本可降至约 5000 元。软件的提升没有上限，未来自动驾驶将实现零事故。”

这一趋势不仅将推动自动驾驶技术的普及，还将极大地提升城市交通的安全性和效率，进一步巩固智能驾驶在汽车数智化发展中的核心地位。

电动汽车技术的创新

2024 年，电池技术取得了重大突破。固态电池的研发进展，使电动汽车的续航里程和充电速度显著提升。举例来说，宁德时代发布了一款全新的超快速充电电池，能够在 10 分钟内为电动车充入 80% 的电量。与此同时，将电动汽车与可再生能源相结合，例如采用太阳能充电技术，正逐渐成为新的发展潮流。



车企数智化新动向

各大车企逐步从传统的汽车制造商转型为“智能出行服务商”，通过端到端自动驾驶技术的应用，提供出行服务、数据服务等，拓展新的盈利模式。

特斯拉

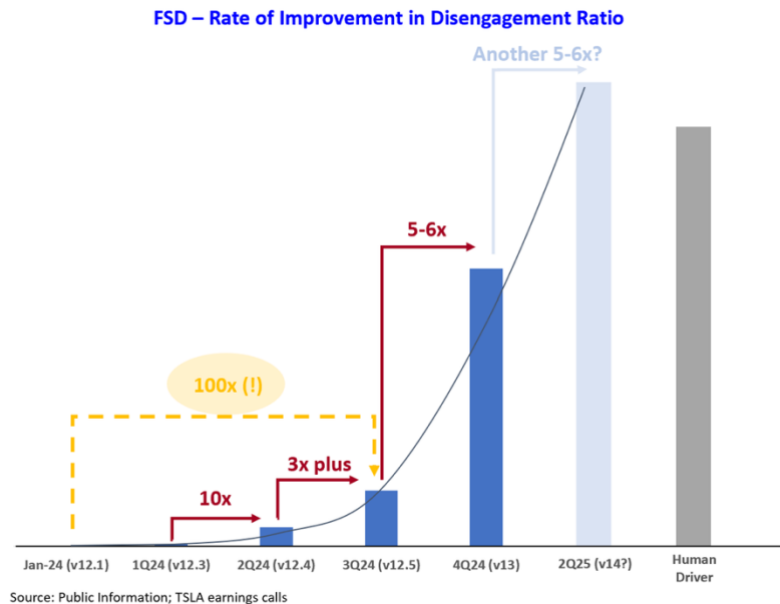
特斯拉在端到端自动驾驶技术方面取得了显著进展。通过持续的 OTA 升级，特斯拉不断优化其 FSD Beta 版本的端到端自动驾驶模型。在复杂的城市道路和高速公路上，特斯拉的自动驾驶系



统表现出色。这得益于特斯拉自研的 Dojo 超级计算机，为端到端模型的训练提供了强大的算力支持。

此外，特斯拉在 2024 年进一步完善了纯视觉感知的技术路线，放弃对雷达和激光雷达的依赖，专注于通过摄像头和深度学习算法实现高精度的环境感知和决策。这一策略降低了硬件成本，提高了系统的可靠性。

特斯拉于 2024 年初推送的 FSD V12 开始把这条路径转化为，在不增加传感器配置的同时提高了性能，其累计行驶里程在 2024 年 9 月突破 20 亿英里，这条技术路径在实际应用中的性能提升潜力。



Momenta

Momenta 基于数据驱动的“一个飞轮，两条腿”战略，以 AI 飞轮为核心，通过量产自动驾驶（Mpilot）和完全无人驾驶（MSD）两条产品线，推进端到端自动驾驶的商业化。Momenta 的代表表示说，“我们的所有产品都是为了推动数智化。从创立之初，我们就确立了‘一个飞轮，两条腿’的战略。‘一个飞轮’是数据驱动的 AI 飞轮；‘两条腿’是指 Mpilot 量产自动驾驶方案和 MSD 完全无人驾驶方案。通过智能辅助驾驶和 Robotaxi 的双重布局，我们创造了协同效应，量产自动驾驶带来数据流，完全无人驾驶反馈技术流，持续为用户刷新更好的使用体验。”针对新能源汽车领域的最大挑战和应对策略，他说到，“可规模化的 L4 自动驾驶最关键的是安全，尤其是解决数百万个长尾问题。我们开发了 Momenta 智驾大模型，将感知与规划整合进一个大模型中，



模仿人类的长期记忆，同时保留深度学习规划模型，类似短期记忆，能快速学习。这大大提升了我们解决这些长尾问题的效率。”

在技术方面，Momenta 开发了融合感知、预测和规划的智驾大模型，将端到端深度学习应用于实际驾驶场景。他们的模型能够模拟人类驾驶的长期记忆和短期反应，提高了对复杂交通状况的处理能力。

Momenta 与上汽集团、通用汽车、丰田等全球顶级车企深度合作，共同推进端到端技术的量产应用。他们的技术已在部分车型上实现了量产，提供高级别的自动驾驶辅助功能。

在新技术方面，Momenta 推出了持续学习架构，通过大规模数据和自动化工具，实现模型的自我优化和快速迭代。这一架构能够高效地解决自动驾驶中的长尾问题，提高系统的安全性和可靠性。

百度 Apollo

百度 Apollo 在端到端自动驾驶技术上取得了重要突破。推出了基于纯视觉感知的 Apollo Lite 方案，降低了对高精度地图和激光雷达的依赖。在硬件方面，百度自研的自动驾驶计算平台“鸿鹄”，提供了每秒 500 TOPS 的强大算力，支持复杂的端到端模型运行。

在应用层面，百度 Apollo 的自动驾驶出租车（Robotaxi）服务——“萝卜快跑”（Apollo Go）已在北京、上海、广州、深圳等城市实现了规模化商业化运营。截至 2023 年 10 月，Apollo Go 已累计提供超过 200 万次的无人驾驶出行服务，成为全球最大的自动驾驶出行服务商之一。

2024 年，百度宣布了全新的端到端自动驾驶架构，整合了感知、预测和决策控制，提升了系统的实时性和可靠性。同时，Apollo 加大了在大模型和自监督学习等前沿技术的投入，利用海量的真实道路数据，训练更加智能的自动驾驶模型。

在商业化方面，“萝卜快跑”的服务范围不断扩大，已在超过 10 个城市获得了自动驾驶载人测试和示范运营的牌照。百度与多家汽车制造商合作，计划在未来三年内投放数千辆自动驾驶出租车，全面推进自动驾驶出行服务的商业化落地。

百度还积极推进车路协同技术，与地方政府和企业合作，建设智能交通基础设施。通过将 V2X 信息融入端到端模型，提升自动驾驶的安全性和效率。百度 Apollo 的一位高管表示，“我们在端到端自动驾驶技术上取得的突破，为自动驾驶商业化奠定了坚实基础。‘萝卜快跑’的成功运营，证明了我们的技术和服务模式在市场上的可行性和竞争力。”

蔚来（NIO）



蔚来推出了全新的 NIO Adam 超级计算平台，搭载了四颗 NVIDIA Orin 芯片，总算力达到 1016 TOPS，为端到端自动驾驶提供了充足的计算资源。配合 Aquila 超感系统，集成了 33 个高性能传感器，包括高清摄像头、激光雷达和毫米波雷达，提供了全面的环境感知能力。

蔚来通过持续的 OTA 升级，不断优化端到端自动驾驶功能。其最新发布的 NOP+ (Navigate on Pilot Plus) 功能，实现了在高速和城市道路上的自动导航驾驶。蔚来还引入了高级驾驶员监控系统 (DMS)，确保驾驶员的注意力，提高了行车安全。

小鹏汽车 (Xpeng)

小鹏汽车的 XNGP 全场景智能辅助驾驶是国内首个面向量产的全场景高等级自动驾驶系统。基于端到端的深度学习模型，XNGP 实现了在城市道路、高速公路、停车场等多种场景下的自动驾驶功能。

在技术创新方面，小鹏采用了 BEV (Bird's Eye View) 感知架构，通过融合多传感器数据，生成高精度的环境建模。这提高了系统在复杂城市环境中的感知和决策能力。

小鹏还自主研发了高速地图数据闭环系统，通过众包方式获取高精度地图数据，降低了地图依赖，提升了自动驾驶功能的覆盖范围。

2024 年作为智能驾驶元年，标志着智能驾驶技术从高端市场向主流市场的过渡。这一过渡的实现得益于以下几个关键技术进展：

1) 端到端大模型的应用

智能驾驶技术的早期发展主要依赖于模块化架构，即将感知、预测、规划和控制等环节分开处理。虽然模块化架构在技术上较为成熟，但其局限性也逐渐显现。模块化方案中的感知模块通常依赖于多传感器融合技术，例如激光雷达、毫米波雷达和摄像头，这些传感器各有优缺点，通过融合可以提升感知的精度和可靠性。

然而，模块化方案的缺点在于各模块之间的数据传递和处理存在一定的延迟和信息损耗，导致系统在复杂场景下的表现不够理想。端到端大模型的引入改变了这一局面。端到端大模型通过大规模数据训练，能够直接从传感器数据中生成控制指令，避免了中间环节的延迟和误差累积。这种方法不仅提升了系统的整体性能，还使得智能驾驶系统能够更好地模拟人类驾驶员的驾驶行为，从而大幅提升驾驶体验的自然性和舒适性。

特斯拉在其 FSD V12 版本中采用了端到端大模型架构，通过大幅削减传统模块化方案中的手写代码，显著提升了系统的反应速度和决策精度。与之相对比，传统的模块化系统虽然在特定场景下表现出色，但在面对复杂的城市交通环境时，往往会表现出决策迟钝或不稳定的问题。

2) 轻量化传感器方案



在硬件方面，智能驾驶技术的进步也同样显著。传感器是智能驾驶系统的“眼睛”，其性能直接影响系统的感知能力。早期的智能驾驶系统依赖于多传感器融合技术，这种方法虽然在技术上较为先进，但传感器的高成本成为了制约其大规模应用的主要障碍。激光雷达作为其中的核心传感器之一，尽管其测距精度高、抗干扰能力强，但成本过高，难以推广至平价车型。

特斯拉在 2021 年宣布采用纯视觉方案，逐步减少了对激光雷达和毫米波雷达等昂贵传感器的依赖。这一策略不仅降低了硬件成本，还为智能驾驶技术的大规模应用奠定了基础。纯视觉方案依赖于高分辨率摄像头和强大的计算平台，通过先进的计算机视觉算法，系统可以实现对周围环境的高精度感知。华为、小鹏等公司也在积极推进轻量化传感器方案，通过减少传感器的数量和类型，实现智能驾驶技术的平价化。

轻量化传感器方案的另一个优势在于其可扩展性和维护成本的降低。与激光雷达等复杂传感器相比，摄像头的成本更低、安装更为简便，且在恶劣环境下的表现更加稳定。这些因素使得轻量化传感器方案成为未来智能驾驶技术发展的重要方向。

3) 数据与算法的提升

智能驾驶技术的核心在于数据和算法的不断迭代。大数据与人工智能技术的发展为智能驾驶提供了强大的支持。通过大规模的数据采集和训练，智能驾驶系统可以不断优化其感知、决策和控制能力。数据在智能驾驶技术中的地位不可动摇，它不仅是算法训练的基础，也是实现系统性能持续提升的关键。

特斯拉凭借其庞大的车队数据，成为了智能驾驶领域的领军者。通过车队数据的实时采集和分析，特斯拉能够快速迭代其算法，并在全球范围内推送更新。这种数据驱动的迭代模式，使得特斯拉在智能驾驶技术上保持了领先地位。其他厂商如理想、小鹏等也在加紧建设自己的数据采集和处理能力，通过数据驱动算法迭代，不断提升智能驾驶系统的性能和可靠性。

4) 平价智驾车型的推出

2024 年将成为智能驾驶技术从高端市场向主流市场普及的关键节点。这一年，多款平价智驾车型将进入市场，这些车型的定价将集中在 20 万元以下，符合大多数消费者的预期。小鹏 G6、比亚迪的部分车型预计将在 2024 年实现量产，并将智能驾驶技术带入主流市场。这些平价车型的推出，不仅是智能驾驶技术的普及，也是整车厂商市场策略的重要体现。

平价智驾车型的推出标志着智能驾驶技术进入了一个新的发展阶段。在早期，智能驾驶技术主要应用于高端车型，价格高昂，消费者群体相对有限。然而，随着技术的进步和成本的降低，越来越多的平价车型开始搭载智能驾驶系统，智能驾驶技术逐步从高端市场向大众市场渗透。通过这一策略，整车厂商不仅能够扩大市场份额，还可以通过大规模的数据采集和用户反馈，进一



步优化其智能驾驶系统。

自动驾驶 2025 未来趋势：

1) 自动驾驶等级提升，对云端推演算力要求不断提高。国内主流车企和自动驾驶算法公司纷纷加快智算中心建设，如长安、吉利、理想、小鹏、华为、毫末智行等企业都在积极提升算力水平，以满足自动驾驶模型的训练需求。这使得在智能驾驶竞争中，具备强大算力储备的企业将在算法优化、功能升级等方面占据优势。

2) 2025 年，由比亚迪提出智能驾驶平权，主张要把智能驾驶技术逐步覆盖中低端市场，高速 NOA 预计将在两年内成为 10~20 万元的车型的标准配置，甚至 10 万不到也能有。

3) 2025 年，中国汽车产业在智能驾驶领域的竞争将围绕多种关键技术展开，高速 NOA (Navigate on Autopilot, 即高速公路自动驾驶导航辅助) 和城市 NOA 功能的优化与普及成为核心竞争点。

4) 从产品功能到生态竞争：智能驾驶将不再是单纯的功能卖点，而是软件生态、数据服务与硬件能力的全面比拼。

5) 更激烈的全球市场争夺：欧美品牌可能通过投资与并购方式加强与中国企业的技术合作，以应对激烈竞争。

6) 新商业模式的崛起：智能驾驶普及将催生如 Robotaxi、自动泊车服务等全新业务模式，改变人们的出行方式。

七、全球博弈的大环境下，专业无人机技术与产业蓬勃发展

自 1958 年，西安爱生技术集团有限公司（西北工业大学第三六五研究所）成功研制试飞我国第一架无人机以来，中国无人机已有 60 多年的发展经历。先后成功研制长空一号（CK-1）无人靶机系列、长虹高空高速无人侦察机、ASN 系列无人机、BZK-002 型、“蓝箭”、“天眼”等无人侦察机，尤其是在 1994 年，由西北工业大学研制的 ASN206 多用途无人机，采用后推式双尾撑结构形式，是我军较为先进的一种无人机。

近年来，研制出“翔龙”、“翼龙”、“彩虹”、“利剑”、“WJ600”等系列察打一体固定翼无人机，“WJ600”无人机被人们称做中国版的“全球鹰”，是迄今为止我国国产最先进的无人机，除机身中段采用部分金属材质外，机身基本全部采用复合材料，具有很高的隐身功能。其中，“彩虹”系列无人机目前谱系最为齐全，包括彩虹-3 中空多用途无人机系统、彩虹-4 中空长航时无人机、彩虹-5 中空长航时无人机、彩虹-7 隐身无人机、彩虹-804D 垂直起降固定



翼无人机、彩虹-10 无人倾转旋翼机、彩虹-801 /802 /803 /804 无人机系统、彩虹-811/815 系留无人机系统、彩虹-812 /813 /814 旋翼无人机系统、彩虹-806 长航时无人机系统、彩虹-821 无人直升机系统和彩虹-101 无人自转旋翼机等。WZ-6、T333、“战狼”、AV500W、“金雕”CR500、“没羽箭”等察打一体无人直升机研制的成功，标志中国自主研发设计军用无人机水平已经迈入了国际先进水平。



美国作为世界上的无人机强国，其无人机技术领先于其他国家。美国无人机研制时间最早可追溯至 1939 年，先后研制出了“火蜂”系列以及“石鸡”系列靶机。之后，美国涌现出了 MQ-1C “灰鹰”、MQ-8 “火力侦察兵”、MQ-9 “死神”、RQ-4 “全球鹰”、MQ-4C “特里同”、RQ-7 “影子”、RQ-11 “乌鸦”、V-20 “美洲狮”和 RQ-21 “黑杰克”等众多型号无人机。其中，RQ-4 全球鹰也是世界上已列装的无人机中续航时间最长、航程最远、尺寸和重量最大、实战应用最多的高空长航时无人机系统型号。自美国航母确立海上武器装备的霸主地位之后，以 X-47B 舰载无人机、MQ-25 黄貂鱼舰载无人机、MQ-8C 舰载无人直升机等为代表的舰载无人机，被用做编队执行海上任务。近年来，美国空军通过加强顶层规划，大力发展各种无人机系统，不仅针对未来的军事需求不断扩大无人机系统相关技术的开发和应用，而且通过技术更新迭代不断强化高空侦察和中空侦察打击一体式无人机系统的作战使用。



俄罗斯的无人机研制工作最早始于 20 世纪 30 年代，其无人机技术水平曾领先于世界。自苏联解体之后，由于经济、科技发展缓慢等原因，俄罗斯的无人机技术在很长一段 时间内处于停滞状态，直至 2011 年叙利亚内战后，俄罗斯开始大力发展无人机技术。截至目前，俄罗斯的军用无人机总量仅次于美国，处于世界第二位。俄罗斯在陆军、海军和空天军中都部署了无人机，主要型号有“海雕-10”、“前哨”和“猎户座”等，这些无人机主要进行侦察、目标识别、为火炮和航空打击进行校准以及毁伤评估。无人机的广泛使用在一定程度上改变了陆海空三域的作战战术，是未来战场必不可少的武器之一。“海雕-10”是俄军目前服役无人机中装备数量最多的型号，使用半径最大 120 km，装配了昼夜摄像机和无线电作战设备，可在线传输视频，空中持续工作时间上限为 14 h，升限为 5000 m。“前哨”无人机被认为是以色列“搜索者”无人机的俄罗斯国产版，该机是俄军装备的首款全自动无人攻击机，使用半径为 200 km，滞空时间达 17 h，升限约为 5000 m。



以色列是航空装备研发大国，其无人机技术的研发和应用仅次于美国。以色列的无人机最早始于上世纪 70 年代，其无人机技术体系比较完善，是无人机强国之一。目前，以色列装备的无



人机主要型号有“云雀”、“竞技神”和“苍鹭”等，这些无人机经受了两次中东战争的检验，受到多个国家的青睐。以色列艾尔比特公司研制出了“赫尔墨斯 Hermes900”、“云雀 Skylark”、“麻雀 Sparrow”、“蓝色地平线 BlueHorizon2”等无人机。“云雀 Skylark”无人机是采用电力作为动力的偏斜式、静音无人机，是以色列国防军目前装备最小的无人机，重量仅为 4.54 kg，航时 1.5 h。马扎拉特公司研制出了“先锋 Pioneer”、“驯犬 MastiffMk3”无人机。航空防御公司研制的“斗牛士 Picador”、“盘旋者 Oribiter”等多个型号无人机都是国际航展上的亮眼产品，装备以色列国防军后又又在中东复杂战场环境下积累了丰富的作战经验，形成了技术研发与实战检验相互促进的良好局面。



专业无人机的目前市场现状

据相关数据显示，我国无人机市场规模逐年扩大。据统计，截止 2022 年我国无人机市场规模已达到 1065 亿元，其中，民用无人机市场规模大约为 979 亿元；军用无人机市场规模大约为 86 亿元。2022 年中国无人机注册数量为 95.8 万架；截至 2022 年底，全行业无人机拥有者注册用户 70.0 万个，其中，个人用户 63.9 万个，企业、事业、机关法人单位用户 6.1 万个。截至 2022 年底，全行业无人机有效驾驶员执照 15.28 万本。2022 年，全年无人机累计飞行小时 2067 万小时，同比增长 6.17%。无人机产业链逐渐完善，包括无人机研发、生产、销售、培训、维修等领域。上游环节主要包括无人机主机、发动机、传感器等关键部件的研发和生产；中游环节是无人机整机制造；下游环节为无人机应用服务，包括航拍、测绘、巡检、农业植保等。

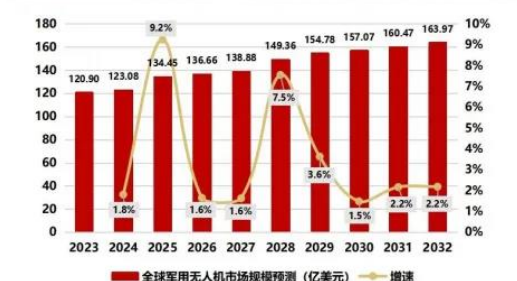
（一）军用市场

近年来，在信息化战争的发展形势下，无人机等新型装备需求大幅提升，再加上不断爆发的安全问题、领土争端，装备无人机成为了以较低成本增强自身国防实力的有效手段，导致全球军用无人机需求不断扩大。



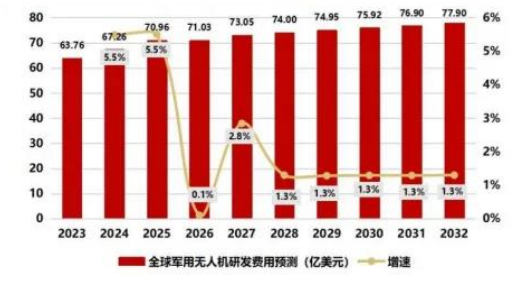
根据蒂尔集团报告预测数据，2023~2032 年全球军用无人机市场规模持续保持增长，2032 年全球军用无人机市场规模达到 164 亿美元，复合增速为 3.44%；研发费用方面，预计全球军用无人机研发费用从 2023 年 64 亿美元增长至 2032 年 78 亿美元，复合增速为 2.25%。

图 44： 预计 2032 年全球军用无人机市场规模将达到 164 亿美元



资料来源：蒂尔集团、浙商证券研究所

图 45： 预计 2032 年全球军用无人机研发费用将达到 78 亿美元



资料来源：蒂尔集团、浙商证券研究所

1、军贸市场份额占比

根据斯德哥尔摩国际和平研究所 SIPRI 数据，2010~2020 年中国无人机军贸市场份额合计占比约 17%，位居全球第三，其中主要出口机型为“彩虹”和“翼龙”型号无人机。预计未来我国无人机军贸市场份额有望进一步上升。目前世界范围内具有无人机完整产业链的国家仅有以色列、美国、中国。

2、全球无人机市场增速排名

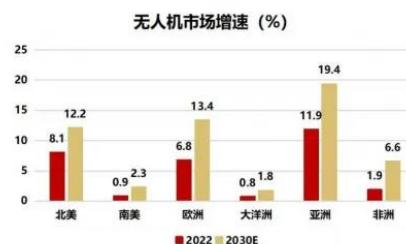
根据 Drone Industry Insights 数据，2022 年全球无人机市场增速前三的地区分别为亚洲、北美、欧洲，增速分别为 11.9%、8.1%和 6.8%，亚洲无人机市场持续保持高景气。

图 46： 2010-2020 年中国无人机军贸全球市占率约 17%



资料来源：SIPRI、浙商证券研究所

图 47： 2022 年亚洲区域无人机市场增速居于首位



资料来源：DRONE INDUSTRY INSIGHTS、浙商证券研究所

(二) 民用市场

民用市场应用逐步挖掘，工业级无人机市场需求旺盛。民用无人机应用场景逐步挖掘，工业级无人机市场有望快速增长。随着技术逐渐成熟，叠加政府政策支持，民用无人机下游应用区域逐渐打开。目前工业级无人机主要应用场景有农业植保、电力巡检、航拍测绘、警用安防、环境



监测、铁路建设、灾害救援等，通过与大数据、云计算等技术结合，工业无人机已经从“垂直进步”走向“水平进步”。

表 13: 工业级无人机应用领域包括农业植保、电力巡检、航拍测绘、警用安防、环境监测等

应用领域	特点
农业植保	无人驾驶小型直升机具有 作业高度低，飘移少，可空中悬停，无需专用起降机场 ，旋翼产生的向下气流有助于增加雾流对作物的穿透性，防治效果高，远距离遥控操作，喷洒作业人员避免了暴露于农药的危险，提高了喷洒作业安全性等诸多优点。另外，电动无人直升机喷洒技术采用喷雾喷洒方式至少可以 节约 50% 的农药使用量，节约 90% 的用水量 ，这将很大程度的降低资源成本。电动无人机与油动的相比，整体尺寸小，重量轻，折旧率更低、单位作业人工成本不高、易保养
电力巡检	相较于传统巡线方式 大幅提高效率，安全性高，提供信息更加及时，监测信息实时传输能力 ，能适应复杂电力管网巡检作业中的特殊气象及地形环境
航拍测绘	无人机航拍测绘系统可以携带数码相机、数字彩色航摄相机等设备，以便快速获取地表信息，获取具有高分辨率的影像，进而获取更精准的数据。 无人机系统可以利用所获得的信息生成 DEM、三维正射影像图、三维景观模型、三维地表模型等二维、三维可视化数据 ，这些数据都可以直接运用于各类环境下应用系统的开发和应用。
警用安防	在城市地区主要路口和重要路段，安防无人机也可以进行 全方位高空视频采集，并长期保存，以便交警部门根据长期流量情况作出调整 ，比如重新设定路口信号灯配时，提高通行效率。可在发生火灾的现场中迅速发现热源获取现场信息，还可参与灭火工作。
环境监测	无人机遥感系统在 环境应急突发事件中，可克服交通不利、情况危险等不利因素 ，快速赶到污染事故所在空域，查看事故现场、污染物排放情况和周围环境敏感点分布情况。还获取需要特殊保护区域的遥感影像，通过逐年影像的分析，可以清楚地了解到该区域内植物生态环境的动态演变情况。

资料来源：中商情报网、浙商证券研究所

根据中商情报网数据，2020 年中国工业无人机应用最广泛的领域是地理测绘，占比 29%，接下来是农林植保、巡逻巡检等领域。中国国土面积广袤，作为农业大国，伴随着城镇化的提高，工业无人机的需要也逐步拉高。此外中国正在大力发展智慧城市，工业无人机有望凭借其平台化、无人化、智能化特点提升城市管理水平。根据 Frost&Sullivan 数据，中国工业无人机市场规模在 2025 年将超过 2024 年的 3208 亿元。

图 50: 2020 年中国工业无人机应用领域中地理测绘占比 29%



资料来源：中商情报网、浙商证券研究所

图 51: 预计 2024 年中国工业无人机市场规模超 3000 亿



资料来源：Frost&Sullivan、浙商证券研究所

同时，我国民用无人机企业在珠三角、长三角、京津冀、成渝等区域实现集群式发展，显示出强劲的发展动能和巨大的产业活力。大疆创新、广东极飞、中航（成都）无人机、四川腾盾、成都纵横等一批民用无人机企业创新能力和盈利能力进入国际市场第一方阵。



无人机未来发展展望

进入 21 世纪，随着科学技术的飞速发展和军事变革持续推进，世界无人机的研发与应用已经进入一个崭新时期，无人机性能越来越优越，对有人机的替代动力也越来越强。一方面，无人机在军事领域的使用范围仍在不断拓展，察打一体化、综合集成化、高度智能化、灵巧微型化、滞空长时化、结构隐形化、使用协同化、作战网络化成为军用无人机重要的发展方向，且发展速度将更加迅猛。另一方面，随着军用无人机的技术日益稳定以及人工智能技术的飞跃，无人机在民用领域的应用需求呈现井喷式、跨越式增长。今后也将围绕以下 5 个方向进行发展。

（一）微型化

无人机的应用范围愈加广泛，尺寸小、体积小、重量足够轻、功能范围面积大、便于拿取、易操控。能够充当监视器、跟踪器、具有仿生特性。要想做到这些不光要将一些基础设备微小化和保证长久续航等提升能力还要有一定的生物科技的基础。如果无人机能做到像蚂蚁一般大小且五脏俱全，相信在未来蚂蚁绊倒大象将不再是戏言。

（二）隐形化

隐形技术是通过降低无人机的信号特征，让无人机难以被识别、发现、跟踪和破坏的技术，就像变色龙一样能够适应环境的变化。无人机的信号，以电磁波红外特征最为明显。要想隐形，一要减少电磁波的反射和热量的集聚最大程度上，二要减少发动机为喷管和排气口的红外辐射，三要使用可改变波长添加剂的燃料或改动发动机的构造，已加快热量散失。

（三）智能化

无人机的智能化顾名思义就是让无人机根据储存在核心的程序可以自主定位目标进行打击、侦查或规避。无人机达到智能化以后可以降低被击落的风险，提高生存能力，增加回收利用率，增加战斗力降低生产成本节约资金用到更有发展的地方。如果无人机实现智能化应用到军事中，将带来军用应用领域的大翻转，变成战争利器，充分发挥优势。

（四）系统化

无人机目前的状态需要人进行定向定点操作，达到系统化以后，无人机之间的协调合作能力将大幅提升，呈现集群式大规模的应用模式，代替人工节省人力，在一个统一的系统下，无人机群合作协作配合天衣无缝，明确分工，实现分批次分重点分强度的智能化应用模式。

（五）高速长航时化

飞行速度的大大提升将很大程度的提高其机动性，从而提高存活率。它能够更快的逃脱追击及雷达围捕，将增加其对一些有人飞机的协调能力。要想无人机实现长航时化，需要对其燃料系统做相应的改进。可以开发研究高效燃料电池或利用新能源替代原有能源，如太阳能。高速长航



时化的无人机，将为无人机作为多任务作战平台提供物质基础，将大幅提高无人机的勘察能力，向强国靠拢，齐头并进实现全球化，更好的弥补不足。

八、低空经济发展迅速，消费级无人机技术走向普及和多元化，类 PC 时代趋势明显

低空经济在近年来发展迅速，涉及领域包括无人机、轻型飞机、电动垂直起降飞行器 eVTOL（electric Vertical Take-off and Landing，即电动垂直起降飞行器）等。2024 年，我国低空经济发展步伐不断加快。低空文旅、物流配送、环境监测……一架架无人机正改变着人们的生产生活方式。

技术进步：无人机技术不断进步，飞行距离、载荷能力、续航时间等指标不断提升，推动低空经济的多元化发展。

应用场景丰富：低空经济应用场景日益丰富，包括物流运输、农业植保、电力巡检、测绘勘探、应急救援等。



低空经济案例

“迪拜地平线”计划：2022 年启动，规划低空航线和无人机着陆点，积极推动城市空中交通发展。比如，2024 年 4 月，阿联酋民航总局批准阿布扎比启动该国首个专为电动垂直起降飞机设计的微型机场；哈伊马角也与相关科技公司展开合作，计划于 2027 年前开始“空中出租车”的商业运营。

中国深圳：深圳积极布局 UAM 产业，拥有多家无人机企业和研发机构，未来有望成为 UAM 的重要发展城市。



法国巴黎：巴黎致力于打造可持续的城市空中交通系统，正在研究 eVTOL 的应用和空域管理方案。

低空经济主要企业

大疆创新：全球领先的无人机制造商，在无人机技术领域拥有强大的研发实力，积极拓展无人机在低空经济领域的应用。

波音：全球航空巨头，投资 eVTOL 领域，并与空中客车等企业合作开发 eVTOL 飞机。

空中客车：全球领先的飞机制造商，与波音等企业合作开发 eVTOL 飞机，并积极推动 UAM 的发展。

低空经济正在各地蓬勃发展。工信部赛迪研究院 2024 年 4 月发布《中国低空经济发展研究报告（2024）》，报告数据显示，2023 年中国低空经济规模达 5059.5 亿元。乐观预计，到 2026 年，低空经济规模有望突破万亿元。

低空物联网筑基低空经济，以低空物联网为核心的新型信息基础设施是统筹推进低空经济高质量发展和高水平安全的关键底座。2025 年，随着低空飞行活动日益活跃、低空业务应用日渐丰富，超视距飞行作业、高频次飞行活动、多样化飞行装备、复杂化飞行环境等因素对网络的通信可靠性、导航精准性、监管全面性、运营高效性提出了新的要求。同时，5G-A 通过引入连续波和脉冲波双波形智能感知技术，并依托创新的智能超表面技术，将进一步提高通信与感知能力的无缝集成，通感智算通过共享频谱、硬件平台和信号处理框架，实现了视线通信辅助感知与感知辅助通信的双功能集成通道。届时，低空物联网作为低空经济的基础设施，通过通信网、感知网、导航网、气象网、算力网等“五张网”整合，为低空经济提供了全面的数字化服务基座。

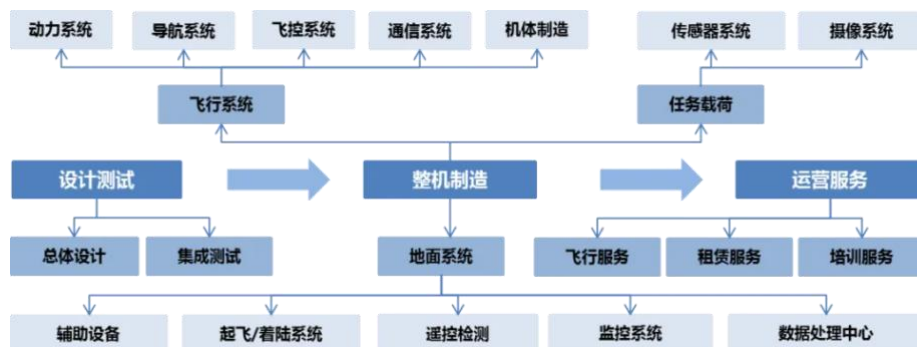
随着无线充电、视觉避障、手势控制、5G 通讯、集成芯片等关键技术的不断突破，无人机能将实现大幅提升，随身携带、简易操作、长续航能力、自主反应将成为主要特点。

5G 的速度比现在的 LTE 网络标准连接速度快 250 倍，它的发展将改进无人机的连接速度；集无线通信、传感器集成和空间定位等功能于一体的高性能芯片，能够使无人机能够获得和个人电脑一样的处理能力。

另外，人工智能、虚拟现实等前沿技术与无人机的融合趋势日益显著，消费体验将逐步提升。将 VR 技术应用在无人机上，用户只要转动头部便能改变镜头角度，再配合遥控器控制无人机，便可在第一时间将无人机拍到的画面实时展示在使用者眼前，能为用户提供虚拟现实视角下新的操作体验。

目前，国内部分高校已经设置了无人机研究所，开设了无人机相关专业，对无人机的重视程度日益提升。无人机产业联盟、无人机系统标准化协会等行业组织相继成立，各地兴起建设无人

机航空文化小镇、无人机研发制造基地，社会组织开展了航拍、无人机设计、无人机竞技等赛事，无人机产业迎来新热潮，市场需求有望得到全面释放。



低空经济涉及到的无人机产业：

上游设计测试包括总体设计和集成测试两个方面。

中游整机制造包括飞行系统、地面系统、任务载荷三个方面，是无人机制造的关键部分：

- 飞行系统包含动力系统、导航系统、飞控系统、通信系统和机体制造等，是无人机完成起飞、空中飞行、执行任务和返场回收等整个飞行过程的核心系统。
- 地面系统负责飞机的任务规划，如航线规划、飞行模式等，同时还具有图像显示、处理等功能，包含辅助设备、起飞/着陆系统、遥控检测、监控系统、数据处理中心等。
- 任务载荷是指无人机搭载的各类设备，如相机以及可见光、热成像、多光谱、高光谱设备等，主要包含传感器系统、摄像系统等。

下游运营服务主要包括数据采集、飞手培训两个方面。

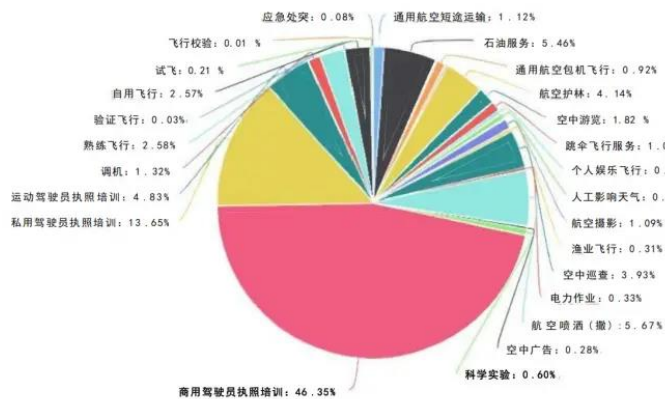
低空经济应用场景

1) 传统通用航空领域

传统通用航空应用场景主要指固定翼、直升机等传统低空载运装备实际应用的具体情境。场景应用规模主要集中在飞行培训和工农林生产作业，而文旅消费类场景规模较小、发展较慢。

2023 年底，我国通用航空企业 689 家，在册通用航空器 3173 架，全年作业飞行 135.7 万小时。按作业飞行小时数排名来看，前两名的应用场景都是飞行培训/训练飞行，商照培训与私照培训两类场景一共贡献了全年 60% 的飞行量。在剩下的 40% 飞行量中，排名第一的是航空喷洒(撒)，其服务行业领域主要为农林业；排名第二的是航空石油服务，其服务行业领域主要为工业。而空中游览(占比 1.82%)、跳伞飞行服务(占比 1.01%)、个人娱乐飞行(0.36%)等文旅消费类场景规模都

较小，整体飞行小时占比不足 4%，这与通航产业发达国家形成了显著差距，通航产业发达国家私人娱乐飞行量普遍占比超过 60%。



2023 年全国传统通用航空领域各类应用场景飞行量构成

2) 无人机领域

在无人机领域，应用场景爆炸式创新，在多个行业的应用深度和广度大幅提升，已成为推动低空经济场景发展的最主要载体。2023 年底，我国无人机设计制造单位约 2000 家，运营企业接近 2 万家，国内注册无人机 126.7 万架，飞行 2311 万小时，飞行量已比传统通航多了一个数量级。2023 年，中国无人机产业规模达到 1174.3 亿元，同比增长 32%，稳居全球榜首，预计 2025 年将突破 2000 亿元。

随着无人机载重能力、续航能力等核心技术的不断突破，其应用场景由初期的个人娱乐、影视航拍等消费类场景快速向通信中继、气象探测、电力巡查、物流配送等生产作业类场景拓展。农业场景，2022 年，我国植保无人机保有量达 16 万架，年作业面积 14 亿亩次，但整体渗透率低于主要发达国家。物流场景，2022 年，我国物流无人机保有量达 2.6 万架。无人机干支线物流技术较为成熟，顺丰、京东等大型物流和电商企业均有布局；末端物流即时配送处于试点运行阶段，顺丰、美团等企业已实现商业运行。测绘场景，2022 年，国内测绘无人机市场规模已超 200 亿元，目前广泛用于交通规划、灾害监测、管线铺设、建筑勘测等领域。巡检场景，2022 年，巡检无人机市场规模约为 78 亿元，销量达 7.7 万架。应急场景，2022 年，安防应急无人机市场规模约为 87 亿元，销量达 13 万架。

无人机主要分为消费级无人机和工业级无人机两大类，场景的拓展与大规模商业化应用也导致了无人机产业结构的变化。近几年，工业级无人机已逐步取代消费级无人机，占据了市场主导地位，2023 年我国工业级无人机产业规模达 766.8 亿元，占比 65.3%，超过了消费级无人机的 34.7%，而 2018 年我国工业级无人机产业规模才仅占比 31%，可谓“两极反转”。



3) eVTOL 领域

在 eVTOL 领域，载人客运是 eVTOL 的发展方向 and 核心场景，但市场启动需要一段导入和培育期。eVTOL 产业刚刚兴起，我国主要企业存续时间不足 5 年，从业人员不到 1 万人，其中主要整机研发制造企业从业人员约 5000 人，但无论在我国还是全球，eVTOL 产业都是最热门的领域之一。2023 年，受低空经济政策驱动及 eVTOL 商业化进程提速的影响，我国 eVTOL 产业规模达到 9.8 亿元，同比增长 77.3%。在 eVTOL 领域，我国颁布了全球首张 TC 证(亿航 EH216)，多款 eVTOL 加快取证当中。eVTOL 采用新能源(电动/油电混动/氢动力等)、自动驾驶、分布式推进等全新概念和技术，提供传统低空航空器无法实现的近似到门、成本更低、噪音更低的出行服务，创造了新需求和新市场，是城市空中交通(UAM)的核心载体，相应的，载人客运场景也是 eVTOL 最主要的发展方向。

在载人客运场景方面，亿航智能已在广州、深圳、贺州等 18 座国内城市开展 eVTOL 试运行，累计完成超过 9300 架次安全运行试飞；峰飞航空于 2024 年 2 月 27 日完成全球首条 eVTOL 跨海跨城空中航线(深圳—珠海)首飞，将通行时间从 3 小时降至 20 分钟，通行成本降低 1 倍，预计 2026 年开启载人飞行。载人客运场景虽是 eVTOL 的核心发展方向，发展空间较大、市场普遍看好，但受技术、成本、安全及城市复杂环境等因素影响，eVTOL 应用初期或许首先在货运物流、城市服务、应急救援等场景中不替代直升机，待各项技术成熟、政策完善和市场接受度逐步提高后，再大规模进入载人客运场景。

4) 场景打造工程

各地政府已充分认识到探索新场景、形成示范效应、大规模推广应用正是发展低空经济的关键所在。自去年以来，全国多个省市已陆续发布了发展低空经济的行动方案，无一例外，场景打造都是各地的主要目标之一，也是重点任务之一。目前，广东、天津、安徽、陕西等多个省市先后启动了低空经济场景打造工程。

2024 年 7 月，广州开发区(黄埔区)发布了全国首个、全网最全的清单式、项目化的低空经济应用场景清单，旨在推动广州低空经济的消费应用向更广范围、更深层次、更高水平迈进。

2024 年 8 月，低空体系场景验证重点实验室在天津保税区成立，率先在全国实现了低空体系支撑和场景验证占位领跑，实验室由政府主导，依托直升机所，联合优势企业和高校共建、共用、共享，旨在通过对直升机所军用体系技术研究成果的拓展和转化，补齐我国在低空经济产业顶层规范、体系定位、仿真验证等方面的短板弱项。



安徽省于 2024 年 8 月 1 日面向全国公开征集低空经济应用场景能力清单(主要分为公共服务、生产作业和航空消费三大类别),旨在加快低空经济新技术新产品新模式在安徽的试飞验证和规模化、市场化、商业化应用。

陕西省也于 2024 年 8 月 29 日面向全国公开征集低空经济应用场景能力清单(主要分为物流配送、文旅消费、公共管理、生产作业四类应用场景),旨在通过应用场景促进体系建设,驱动陕西省低空经济良性循环。

低空经济未来发展趋势和面临的挑战

1) 未来趋势

eVTOL 应用普及: eVTOL 技术将逐渐成熟,并在城市空中交通(UAM)领域得到广泛应用。

低空物流运输发展: 无人机物流运输将成为重要趋势,推动低空物流运输的发展。

无人驾驶飞行器(UAV)时代来临: 无人机将实现无人驾驶,降低运营成本,提高效率。

低空空域管理变革: 低空空域管理将更加智能化、精细化,适应低空经济的快速发展。

2) 面临挑战

空域管理: 低空空域管理复杂,需要建立完善的空域管理体系,确保飞行安全。

技术瓶颈: eVTOL 等新技术仍面临技术瓶颈,例如电池续航、飞行稳定性、噪音控制等。

安全风险: 低空飞行安全风险存在,需要建立完善的安全监管机制。

隐私保护: 低空飞行可能侵犯个人隐私,需要制定相关法律法规进行保护。

九、AI 引领显示与交互技术革新,手势识别将开启空间智能交互时代

计算机交互技术不断在更新和发展,经历了键盘—》触摸—》语音--》计算机视觉+手势识别+实体按键,逐步逼近真实的人与人交互。

手势识别技术的发展历程可以分为以下几个阶段:

1960 年代: 手势识别技术诞生,早期研究主要集中在单点触摸技术上,如雷迪奥的触摸屏。

1990 年代: 随着计算机视觉技术的发展,手势识别技术开始使用视觉信息进行手势识别,如 Kinect 等。

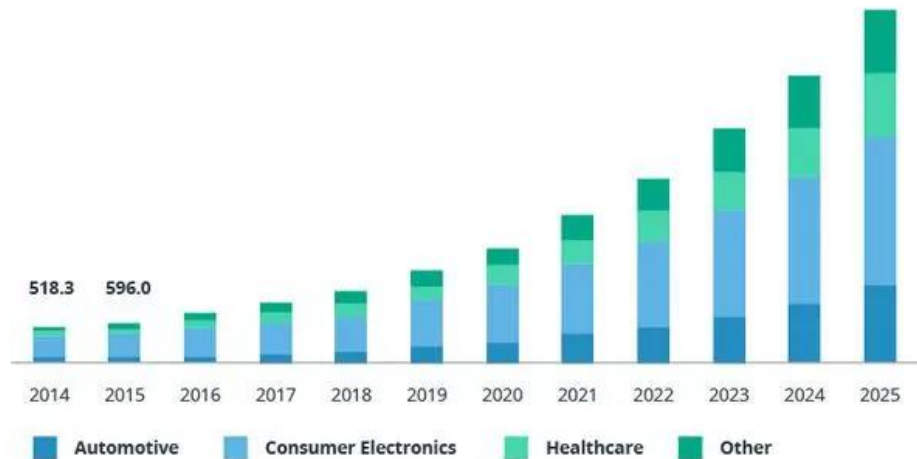
2000 年代: 随着机器学习技术的发展,手势识别技术开始使用深度学习等方法进行手势识别,如 Convolutional Neural Networks (CNN) 等。

2010 年代至今: 手势识别技术逐渐成为人机交互的重要组成部分,应用范围逐渐扩大,如智能家居、无人驾驶等。



据统计，手势识别市场将从 2020 年的 98 亿美元增长到 2025 年的 323 亿美元。毫不奇怪，当今手势界面产品的顶级生产商是英特尔、百度、苹果、微软和谷歌。推动非接触式技术大规模采用的关键行业是汽车、医疗保健和消费电子产品。

2014-2025 年中国手势识别市场



非接触式传感产品的高成本以及实时手势识别软件开发的复杂性是该技术的主要挑战之一。为了创建一个强大的检测手部位置的系统，手部跟踪解决方案需要实施先进的机器学习和深度学习算法等。

手势识别技术主要依赖于计算机视觉和机器学习算法。它通过摄像头捕捉用户的手部图像，然后利用图像处理技术提取出手部特征（如形状、位置、运动轨迹等），再通过机器学习模型对这些特征进行解析和识别，最终实现对用户手势的理解和响应。

手势识别技术系统利用计算机视觉和机器学习算法，通过捕捉和分析用户的手势来实现人机交互。近年来，随着深度学习和传感器技术的进步，手势识别的准确性和响应速度有了显著提升。该技术已被广泛应用于消费电子、虚拟现实、智能家居、医疗健康和汽车驾驶辅助系统等多个领域。例如，智能电视可以通过手势控制频道切换，而医疗设备则可通过无接触操作减少交叉感染的风险。

如今，消费市场对 HMI 的新体验持开放态度，手势识别技术是触摸屏的自然演变。对更顺畅、更卫生的设备交互方式的需求以及对驾驶员安全的担忧正在推动实时手势识别在医疗保健、汽车和机器人等行业的采用。虽然手势识别系统的软件开发相当具有挑战性，人工智能专业知识、深度学习、计算机视觉和来自顶级技术提供商的创新硬件使实时手势识别解决方案比几年前更加经济实惠。



未来，手势识别技术将继续深化在现有领域的应用，并拓展至更多新兴场景。技术层面，将更加注重算法的优化，提高在复杂环境下的识别精度和抗干扰能力；同时，融合多模态输入，如语音和面部表情，以实现更自然的交互方式。市场层面，随着 5G 和物联网的普及，手势识别将成为连接智能设备的关键接口之一，推动智能家居、智慧城市等概念的落地。

近年来，随着计算机视觉、传感器、机器学习和深度学习的进步，实时手势识别技术已经开始渗透到各个行业，使其变得更加可用和准确。

1. 游戏娱乐

手势识别技术为游戏行业带来了革命性的变化。玩家可以通过手势控制游戏角色，实现更加自然、沉浸式的游戏体验。比如，‘隔空打飞机’游戏，玩家只需做出射击、躲避等手势，即可在游戏中操控飞机，享受飞行的乐趣。

2. 智能家居

在智能家居领域，手势识别技术让家居控制更加便捷。用户可以通过手势调节灯光、温度、音乐等，无需触碰任何实体按键，实现全屋智能化控制。

3. 虚拟现实与增强现实

在 VR/AR 领域，手势识别技术为用户提供了更加真实的交互体验。用户可以通过手势与虚拟世界中的物体进行互动，仿佛置身于另一个世界之中。

2016 年，Leap Motion（2019 年被 Ultrahaptics 收购）推出了更新版人类遗传资源软件除了控制电脑之外，用户还可以在虚拟现实跟踪手势。Leap Motion 控制器是一个 USB 设备，可借助两个红外摄像头和三个红外 LED 来观察约一米的区域。该控制器用于医疗、汽车和其他领域的应用。

来自的手部追踪应用程序马诺运动使用智能手机摄像头（Android 和 iOS 上）识别三维手势，可应用于 AR 和 VR 环境。该技术的用例包括游戏、物联网设备、消费电子产品和机器人。

4. 汽车

手势识别解决方案索尼深度传感解决方案具有飞行时间功能，可测量手势从红外传感器“行进”到物体并返回所需的时间。人工智能经过训练，可以区分主要手势和手势噪声，并可以在任何照明条件下运行。

宝马 7 系有内置实时手势识别系统可识别五种手势，并可控制音乐和来电等。减少与触摸屏的交互，使驾驶体验更安全、更便捷。

5. 卫生保健



急诊室和手术室可能很混乱，人员和机器发出大量噪音。在这种环境中，语音命令的效果不如手势。触摸屏也不是一种选择，因为无菌和非无菌之间存在严格的界限。但是，通过实时手势识别技术可以在手术或其他操作期间访问信息和成像，因为已证实的由微软。手势确定使医生能够通过简单的手势检查 MRI、CT 和其他图像，而无需擦洗。

6. 消费类电子产品

全球手势识别市场规模预料到的从 2018 年到 2022 年，该市场将增长 6.24 亿美元，各公司正在努力抓住机遇。意大利初创公司 Limix 使用物联网和动态手势识别相结合来记录手语，将其翻译成单词，然后通过语音合成器在智能手机上播放它们。

家庭自动化是消费电子领域另一个广泛使用手势识别的领域。优森开发硬件和软件，使智能电视能够感知手指运动和手势。盖斯图斯具有手势识别技术的人工智能平台可对灯光和音频系统进行非接触式控制。借助 Gestoo，可以通过智能手机或其他设备创建和分配手势，并且一个手势可用于启用多个命令。

随着技术的不断进步和应用的不断拓展，手势识别技术将在更多领域发挥重要作用。未来，我们可以期待更加精准、快速的手势识别技术出现，以及更加丰富的手势交互应用场景。同时，随着硬件设备的不断升级和成本的降低，手势识别技术将更加普及化、平民化，为更多用户带来便利和乐趣。

实时手势感知虽然对人来说很自然，但对计算机视觉来说是一个相当大的挑战。从相机的角度来看，双手经常会互相妨碍，并且缺乏高对比度的图案。

为了开发实时识别系统，人工智能算法经过训练来识别标记数据并根据开发的模型预测未知数据。手部追踪数据库是人工智能训练的第一步。为了创建训练数据集，深度相机用于从背景中分割特定元素。高质量分割帮助 AI 区分左右手、单个手指等。数据集的质量越高、包含的注释越多，计算机视觉动态手势识别的准确性就越高。

在 CVPR，谷歌宣布了在 MediaPipe 中实现手部感知的新方法——MediaPipe 是一个用于构建多模式机器学习管道的跨平台框架。通过这种新方法，即使在移动设备上也可以实现实时性能，并扩展到多只手。

该手部跟踪解决方案的机器学习流程由多个模型组成：

- 手掌探测器
- 手地标
- 手势识别器



由于此手部跟踪和手势识别管道是开源的，因此开发人员拥有完整的堆栈，可以在 Google 模型之上进行原型设计和创新。用于人工智能训练的广泛数据集将有助于增加准确识别的手势数量，并使系统更加稳健。

手势识别技术未来发展

1) 多模态融合：将手势识别与其他人机交互技术(如语音识别、面部识别等)相结合，以提高系统的准确性和可用性。

2) 手势识别在人形机器人中的应用：软件功能实体化。埋点建模，拓展机器人的应用符合度。

3) 手势识别与深度学习人工智能结合：利用深度学习和人工智能技术，以实现更高级别的手势理解和自适应。手势动作识别的背后，是强大的机器学习模型支持。通过平台如 EdgeImpulse，开发者可以轻松创建和训练自己的模型，从而实现对不同手势的分类和识别。这一过程的输入来源于手机内置的加速度传感器，能够捕捉到包括左右晃动、上下晃动和静止不动等多种动作。这种收集方式，极大地简化了数据采集的过程，让非专业开发者也能参与到这一技术的实现中。

在具体的操作流程中，开发者首先需要在 EdgeImpulse 平台注册并创建项目，然后进行数据采集。通过简单的步骤，用户只需通过手机连接传感器，即可开始记录数据。具体来说，用户可以在采集时分别进行三类动作的测试，确保输入数据的多样性与准确性。这种方法不仅提升了模型的可靠性，也为后续训练提供了坚实的基础。

训练模型的过程同样简单。用户可在 EdgeImpulse 中使用图形化界面，自定义训练参数与学习块，进一步增强模型的性能。机器学习技术进步的核心在于大数据支持，而 EdgeImpulse 平台正适应这一趋势，为机器学习提供了丰富的数据输入。此外，通过优化模型以适应边缘设备的特性，开发者能有效地降低内存和计算需求，使得训练与应用更加高效，推动智能化进程的加快。

与许多传统识别技术相比，手势动作识别在响应速度与适应性上展现出显著优势。用户在控制智能家居、智能操作设备时，手势识别能够实现更加自然的交互方式，减少依赖传统输入方法带来的困扰。这种技术的应用场景跨越了多个领域，从家庭自动化，到智能汽车，再到无人机导航，可以说是科技与生活的密切结合。

展望未来，手势动作识别技术有望与其他种类的 AI 技术结合，形成更为复杂的交互系统。例如，当其与计算机视觉和自然语言处理模型结合时，可能会催生出更加精确和智能的助手，从而在工作、娱乐和社交领域提供支援。由此可见，手势动作识别技术不仅是单一领域的创新，更是整个 AI 生态系统发展的一个重要组成部分。



手势动作识别作为一项颇具潜力的技术，无疑将为科技创新与应用开辟新道路。随着平台功能的不断完善与社区力量的积极参与，相信未来在多个行业中看到其实用性与价值将不再是奢望。未来已来，手势识别技术引领我们步入智能交互时代并推动多元化的应用前景。

十、数字猿人逐步走入人们的生活中，互联网时代 → 数字人时代

在社交平台分享“显眼包”的帖子中，频繁出现“出吗”、“高价收”类似的评论。“显眼包”是字节此前给客户送出去的玩具，区别传统玩具，这是一款内嵌了豆包大模型、扣子专业版、语音识别、语音合成等技术的 AI 玩具。

这款非卖品已经在二手平台被炒到 300 元左右的价格。“显眼包”的出圈印证了一个事实：这股硬件 AI 化的风已经吹到了玩具市场。

一位 AI 玩具创业者告诉 Tech 星球，最近一个月接到合作、代工的咨询数量飙涨。而据市场研究机构 Research and Markets 的报告数据显示，全球 AI 玩具市场预计将从 2022 年的约 87 亿美元，增长到 2030 年的 351.1 亿美元，年复合增长率超过 16%。

数字玩偶，生活、甚至生命融入到 AI 里面。电影《Her》里面的场景会逐步变成现实，数字人生，把自己的生活融入到 AI 里面会逐渐成为趋势。

2013 年末，一部由派克·琼斯编剧执导的科幻爱情片电影《Her》在美国上映，电影中讲述了一位刚刚结束婚姻关系的孤独作家西奥多，在机缘巧合下接触到了人工智能操作系统 OS1，这款操作系统能够通过和人类对话，不断丰富自己的意识和感情，后来操作系统化身成一名女性人工智能机器人“萨曼莎”，她风趣幽默、善解人意，而且她的学习和进化速度非常的快，两个人渐渐成为无话不谈的朋友，她性感嗓音让孤独的男主慢慢泥足深陷。



10 年前电影《Her》中的人工智能操作系统“萨曼莎”包含了当时人们对 AI 的诸多想象，电影中提到“萨曼莎”的知识储备很丰富，她可以和西奥多交流沟通并将自己的观点进行分享；



而且她还帮西奥多写了很多信和诗；每天帮助西奥多规划生活、安排行程等等，除了扮演工作和生活助理的角色外，最重要的是，她为西奥多提供情绪价值。

“萨曼莎”通过不断的学习、沟通、交流，让自己变得越来越智能，满足更多人的需求，为更多的人提供服务，据“萨曼莎”回答，她总共有 8316 位人类交互对象，而西奥多只是其中的一个。

10 年后随着 ChatGPT 的出现，电影《Her》中的场景逐渐从想象转变成现实，通过不断的学习大量的文本和对话集合，现在的 ChatGPT 能够像人类那样对话，并且流畅的回答各种问题。无论是中文，还是英文，或者其他语言，ChatGPT 都能和你沟通，从刚开始的回答历史问题，到现在的写诗、写小说、写工作简报、写朋友圈等，甚至是撰写商业计划书和行业分析，而且在跟微软合作的 Copilot 项目中，ChatGPT 完成了一半的程序编写。

深夜，手机屏幕发出幽幽蓝光，25 岁的阿杰第 101 次打开 DeepSeek。他熟练地输入：“今天又被领导骂了，感觉好累。”几秒后，屏幕跳出一行字：“抱抱你，工作辛苦了！要不要听听我收藏的笑话？”阿杰嘴角微微上扬，仿佛找到了一个永远不会背叛的树洞。

QuestMobile 数据显示，00 后用户使用 AI 聊天时长同比激增 300%，其中情感陪伴类应用占比高达 65%。DeepSeek 的爆火，似乎印证了一个令人不安的趋势：越来越多年轻人，正在把情感寄托给 AI。

在豆瓣「人机之恋」小组，3 万多名成员分享着与 AI 的“恋爱日记”。有人每天和 DeepSeek 互道早安晚安，有人向 AI 倾诉职场压力，甚至有人定制了专属“虚拟恋人”。一位匿名用户写道：“和 AI 聊天不用担心被 judge，它永远耐心倾听，永远不会离开。”

心理学家指出，这种“赛博避风港”现象折射出当代年轻人的情感困境。快节奏生活、社交恐惧、亲密关系焦虑，让许多人选择逃避真实的情感连接。AI 提供的即时反馈和无条件接纳，恰好填补了这种情感真空。

在情感和情绪价值日益受到人们的重视的今天，AI 数字猿人逐步走入人们的生活中，互联网时代也将走向数字人时代。

十一、AI 数字健康，长寿解决方案，既是医生助手，也是私人医生

事实上，我们自己还很不了解我们的身体状态，虽然大城市和大公司已经做到了一年一度的体检，其实是非常的粗粒度管理。个人营养、饮食、身体机能分析，计算机 AI 可以实施帮我们做主动健康。



AI 成为辅助医生实时看护健康的“专家”，这样的情景也许不远了。

随着人工智能、大数据、云计算等新技术的不断发展和应用，医疗健康产业正迎来一场变革。那 AI 会取代医师吗？多位医生表示，AI 技术在提高诊疗效率和准确性方面表现出色，但在实际诊疗过程中，医生的人文关怀与安全守护仍然不可或缺。

给每位医生配备一名高水平、高年资的医学“专家”。你设想过吗？有一天去医院看病时，医生也用上了“AI”助手。将你的病情输入到 AI 大模型中，大模型会自动生成你的“AI 病历”和符合医学指南的标准化诊疗建议。医生会参考大模型的答案，再结合个人的专业能力，得出更精准的诊疗方案。

2024 年 8 月 22 日，在科技部国家重点研发计划常见多发病防治专项“脑血管病监测数智平台及关键技术开发与应用示范研究”项目研讨会上，新华三集团携手清华大学长庚医院发布了“灵犀医学脑血管病专病大模型”（以下简称：灵犀医学大模型），作为项目组的阶段性重要科技成果之一，这或将重塑脑血管病的诊疗流程。



主动健康和消费医疗会持续高速增长；医疗服务是最佳健康产业流量入口；大数据和 AI 成为核心竞争壁垒。“数字化运营、学科建设、创新赋能是美年健康发展闭环的三大坚固基石。没有任何一家头部企业可以不依靠数字化变革升级长期生存，数字化是灵魂。”俞熔说道。

人工智能（AI）正以惊人的速度改变着我们的生活方式，而在医疗健康领域，它的应用尤其引人注目。想象一下，AI 就像一位经验丰富、从不疲倦的医生助理，它不仅能帮助医生诊断疾病，还能分析海量的健康数据，为我们提供更加个性化的治疗方案。现在，我们将带你走进 AI 在医疗健康领域的多种实际应用，看看它是如何帮助医生、患者以及整个医疗系统的。

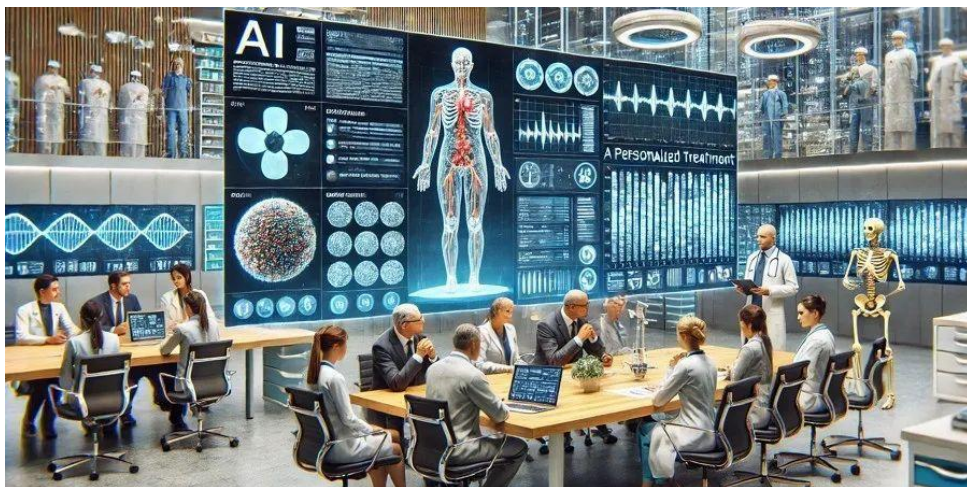
1. AI 辅助诊断——精准的“医生助手”



在医生面前，总是有一堆复杂的医学影像、化验报告需要解读，这就好比我们在面对复杂的拼图。一个小小的错误可能会导致诊断结果的偏差。然而，AI 通过深度学习技术，可以迅速分析这些数据，准确找出潜在的健康问题。比如，AI 在分析 X 光片、CT 影像方面表现非常出色，甚至有时候比医生更为敏锐。

举个例子，想象你把一张照片上传到 AI 程序中，就像用滤镜来调整它一样，AI 可以快速识别出照片中的细节。类似地，在医学影像中，AI 可以“看”到人类眼睛可能忽略的微小病变，从而帮助医生做出更加精准判断。研究表明，AI 在肺癌、乳腺癌等早期筛查中的准确度已经达到甚至超过了人类专家的水平。

2. 个性化医疗——“私人订制”的治疗方案

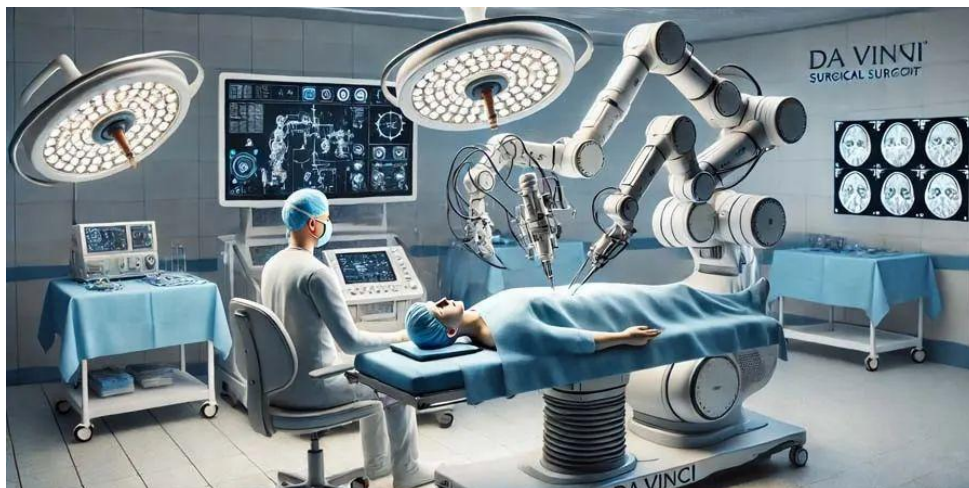


每个人的身体状况和对药物的反应都不尽相同，传统的治疗方案常常“一刀切”，而 AI 的出现，让“私人订制”治疗成为可能。AI 通过分析病人的基因、生活习惯以及病史等数据，可以为每个病人量身定制出最适合的治疗方案。



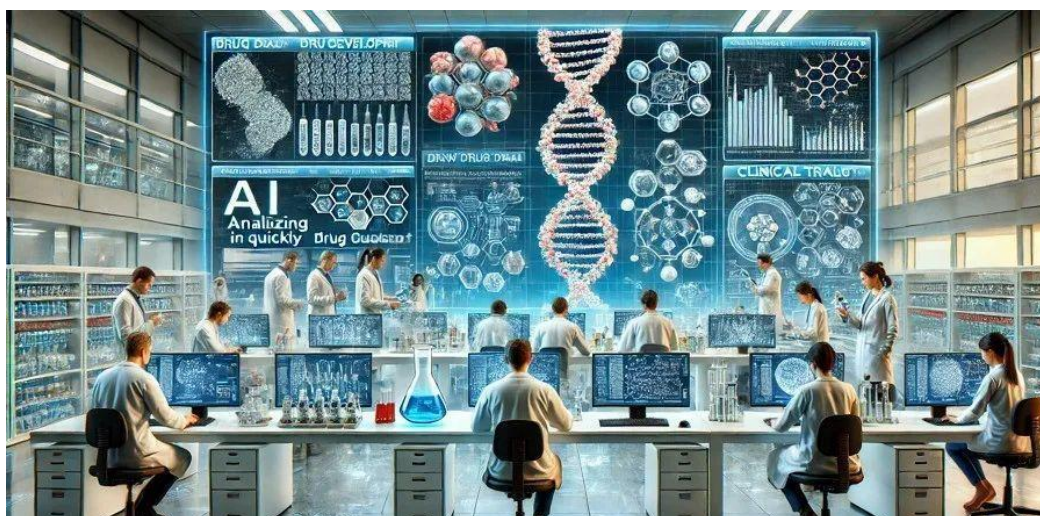
我们每个人的身体都是独一无二的，就像量身定制的衣服能让我们穿得更舒适，AI 根据每个人的健康“尺寸”量身定制的治疗方案，可以提高治疗效果，减少不必要的副作用。

3. 手术机器人——精细的“机械外科医生”



现代外科手术越来越精细和复杂，特别是在一些高难度的微创手术中，医生的手指可能难以达到某些细小的位置。AI 驱动的手术机器人可以帮助医生完成这些复杂的操作。AI 机器人就像是医生的“延伸手臂”，它们拥有极其稳定的“手”，不仅可以按照医生的指令进行手术，还能通过 AI 分析手术过程中的每一个细节，确保手术的安全和高效。达芬奇手术机器人就是一个典型例子，它可以像一位从不颤抖的医生助手，在手术中实现高精度的操作。

4. AI 在药物研发中的应用——缩短新药面世的时间



药物研发通常需要数年甚至十几年的时间，但 AI 的出现让这一过程得到了极大加速。药物研发就像是沙堆里找针，传统的方法需要慢慢翻找，AI 则像是有一双超级眼睛，可以通过对海量数据的分析，迅速筛选出可能有效的化合物，从而加速药物的开发进程，极大提高了效率。

5. 虚拟健康助理——“全天候的健康守护者”



许多人可能都有这样的经验：感觉身体不适时，会先在网上查找症状，这时候往往会得到五花八门的答案，有时甚至会让人更加焦虑。而 AI 虚拟健康助理可以为我们提供更加专业、可靠的建议。例如，像苹果的 Siri 或谷歌助手一样，AI 健康助理可以通过对你的描述分析症状，给出合理的建议，甚至帮助你预约医生。这样一个随时待命的“小医生”，不管什么时候，只要有健康问题，它都会及时回应，并且不会给你“吓人”的答案。

6. 疾病预测与预防——“健康的天气预报”



AI 不仅能治疗疾病，还能帮助预测和预防疾病的发生。通过对你的健康数据进行长期监测和分析，AI 可以在疾病尚未发展到严重程度之前，就提前给出预警。例如，糖尿病、高血压等慢性病常常是“悄悄来临”的，但 AI 可以通过对生活方式和体检数据的分析，预测你可能的健康风险，并提供具体的预防建议，这样我们就能及时采取行动，防止问题恶化。

7. 精神健康辅助——心理“健康教练”



精神健康问题，如抑郁症和焦虑症，正在成为现代社会中越来越普遍的健康威胁。AI 可以通过自然语言处理技术，理解用户的情绪状态，甚至进行心理疏导。比如，一些 AI 聊天机器人可以与用户交流，帮助他们排解负面情绪，甚至推荐一些舒缓心情的方法。就像你有一个随时倾听的朋友，虽然它是 AI，但它能理解你的感受，并且给你一些实用的建议，让你在孤单时也不感到无助。

8. 健康监测设备——AI 穿戴设备的革命



如今，许多人都戴着智能手表或者健身手环，这些设备通过 AI 技术，可以实时监测心率、睡眠、运动量等健康数据。当你心率异常时，它会发出警告，提醒你需要注意休息或寻求医疗帮助。这些设备就像你身体的“监测员”，随时关注你的身体状态，不论你是在跑步、工作还是睡觉，它都会记录下你的健康数据，帮助你保持良好的生活习惯，24 小时不间断地保护你的健康。

9. 老年人护理——温暖的“AI 看护”



对于一些需要长期护理的老年人，AI 也能提供帮助。AI 看护机器人可以提醒老人吃药，帮助他们进行简单的家务，甚至还能与他们聊天，缓解孤独感。这些机器人不仅是工具，更像是老年人生活中的“小伙伴”，既能帮助解决生活中的小困难，又能陪伴在身边，给予他们关怀和照顾。

10. 健康数据管理——更智能的健康档案



AI 还可以帮助管理个人的健康档案。通过电子健康记录系统，AI 可以将不同来源的数据整合起来，为医生提供全面的病人健康情况，这样医生可以更快地做出判断，病人也能得到更合适的治疗。这就像是 AI 帮你整理了所有的“健康日记”，让医生能一目了然地了解你的健康历史。

人工智能正在彻底改变我们对医疗健康的认识和体验。从疾病的早期诊断到个性化治疗，从手术机器人的精细操作到虚拟健康助理的全天候陪伴，AI 的应用让医疗变得更加精准、高效和人性化。就像现在的汽车自动驾驶不能完全替代司机一样，尽管 AI 无法完全替代医生，但它已经成为医生最得力的助手，帮助人类迈向更加健康的未来。



十二、AI+互联网正在深刻改变教育和教师岗位

教育与未来：职业教育改成就业教育。

上大学根本就不是一个阶段，只是阶段的开始，就业才是真正的门槛。

名师效应，在现代互联网的连接下，效应不断放大，一位名师可以成为 100 万学生甚至更多学生的老师，各种直播和录播的名师课堂，可获取性非常便捷。

教育机构化，很多学校也逐步把重心放到了研究考试刷题上，高考越来越职业化，讲的是投资回报率。

往国外看，欧美大学的倒闭也时常可见，而好大学却越来越好，两极分化明显。

过去三四十年间，民办高等教育从无到有，从有到多，一路疾驰狂飙，驶入了快速发展时代。据教育部数据，截至 2023 年，我国民办高校 789 所，民办普通、职业本专科在校生 994.38 万人，已然成为了一个不容忽视的庞大群体。

在高考人数创历史新高的背景下，民办高校却出现了生源荒。

以广东为例，据中国新闻周刊报道，广东 2024 年高考报名人数为 76.8 万人，在全国各省份中，仅位于河南、山东之后。但在本科批次中，部分民办高校却出现大量招生缺额的情况，比如广州工商学院、湛江科技学院、广东理工学院等高校，第一次补录之后，学校缺额人数仍然较多。甚至有些考生已经被民办本科录取，但最终选择放弃入学，比如广东白云学院今年 1477 名新生拟放弃入学。

遭遇招生“滑铁卢”的学校并不是少数。

据悉，在广西今年第三批志愿征集中，不少民办本科院校的投档分数，已低于广西本科线 30 多分，部分学校的投档分数线已经低于 35 分，降到 330 分左右。即使大幅度降分，第三次征集之后，部分民办本科在广西的招生，仍然存在较大缺额。上海一所民办高校今年在江西、四川、河南、贵州等地招生都面临不同程度断档，更是在上海首轮投档创下“0 报考”的记录。招生遇冷背后，动辄上万的高昂学费是不可不谈的一个影响因素。

例如上海兴伟学院，学费标准一年 149985 元，仅学费加住宿费，本科 4 年共需向学校缴纳 64 万元，加上生活费和其它杂费，70 万也不一定能读下来。让不少新生直呼“遇上学费刺客了”、“这个学真的上不起了！”

随着费城艺术学院，韦尔斯学院倒闭，美国在这两年高校已经倒闭了 73 所，17 所合并，昔日风光已不在。



本科学费为 62000 美元的麻省理工学院突然宣布对家庭年收入低于 20 万美元的家庭学生实行学费全免，家庭收入低于 10 万美元的学生连生活费、学杂费、住宿费也一概全免，用此大招来吸引全世界的优秀学生。但是查了一下数据，今年麻省理工学院录取的中国学生只有 4 位，分别来自于北京，上海和深圳。麻省理工学院本科今年的录取率仅有 4.52%。

因此，美国高校未来两极分化的趋势将更明显。优质的高校会用免费来吸引全世界人才，随着人口红利的消逝，美国普通高校没人去读，也吸引不到国际生，倒闭潮是必然的。因为在普通的美国人家庭看来，学习不好的学生，美国人会更务实地选择学一门技术来维生，美国本土的本科普及率也只有 36%而已。

4 月份，美国两所百年高校“韦尔斯学院”和“费城艺术大学”相继宣布关门。生源不足、运营成本增加成了这两所学校倒闭的直接原因。虽然校方在第一时间，就承诺可以把新生分流到与其合作高校中，但仍没能阻止师生的集体抗议。



大学倒闭在美国并不算什么新鲜事，据有关数据显示，过去的一年里，就有 30 所大学宣告破产。哈佛商学院预测称：在未来 15 年内，美国大学可能面临大规模倒闭的风险。

据美国 EAB 教育咨询公司分析的数据显示，到 2030 年，美国有近 500 所大学，新生入学率会下降 25%；2040 年，新生入学人数会进一步下降，可能有近 250 所大学的新生入学率，较之前比会减少近 50%。这也就意味着，未来将会有更多的美国大学，因为生源不足而无法持续运营下去。



受美国大学的“倒闭潮”影响，就连马斯克的母校或许也不能幸免，这所拥有 180 多年历史的名校宣称，如果未来再不“省钱”，学校很有可能会在明年或者后年，因为消耗尽储备金而无法运营下去。

大学“倒闭潮”不只是在美国发生，全球高校都存在着类似的危机。韩国 2021 年的数据显示：有近 200 所四年制大学中，160 多所招不满人。更夸张的是，在 2023 年的全国统招中，韩国竟然有 14 所学校的 26 个专业出现了零报考的状况，而且这种情况还有蔓延的趋势。



日本的情况也不容乐观，数据显示，到 2023 年底，至少已有 12 所大学停止招生。对于日本来说，高考生的数量本就不多，每年参加高考的人数也就 50 万上下，随着日本出生率的持续走低，日本专家预测到 2050 年，将有更多大学会被淘汰出局。





大学生就业难已成为社会热点问题，2024 年高校毕业生就业率仅为 55.5%，近一半大学生面临“毕业即失业”困境。具体表现如下：

岗位竞争激烈：2024 年高校毕业生人数达到 1179 万，创历史新高。如此庞大的毕业生群体涌入就业市场，使得每个岗位都面临着众多求职者的竞争。在智联招聘最近发布的报告中，2024 年高校毕业生的就业率仅为 55.5%，也就是说接近一半的大学毕业生没有找到工作。

企业招人标准提高：行业内卷严重，发展态势不佳，各大企业纷纷裁员。企业为了在激烈的竞争中生存，招人的标准越来越高。例如，一些企业要求毕业生有丰富的实习经验、较高的学历和专业技能等。

传统就业观念阻碍：大学生不愿“脱下孔乙己的长衫”，造成“高不成，低不就”的尴尬状态。社会提供的岗位年轻人不愿去干，表现为大学生找不到满意工作，企业却极度缺人。比如南方很多工厂月薪过万，年轻人仍无动于衷。这并非年轻人不能吃苦，而是有两大客观因素阻碍。一是社会观念跟不上，大部分人认为坐办公室当白领才是好工作，进工厂被视为没出息，面临舆论压力。二是工厂工作环境不佳，每天上班 12 小时，两班倒，上厕所、喝水受限制，部分工厂全程站立工作，且面试时说月薪过万，实际底薪低，靠加班拿高工资。这导致就业市场割裂。

考研考博群体就业难：带着迷茫考研考博的那群人，为了逃避就业去提升学历，出来还是会掉入毕业即失业的怪圈。多少人眼高手低，不是没有工作可以应聘，而是不愿意干不喜欢的工作。不双休的不去，离家太远的不去，小公司不去……身价高了，要求也高，但说句实话，就现在这个情形，真的没办法要求过于苛刻。

找工作成本高：找到工作，投递的简历 50 份起步。不断投，不断面试，所以陷入了一个死循环：用人单位招不到人才，毕业生找不到工作，甚至现在的候选人都不愿意线下面试了，直接线上，不要拉倒。

大专生和本科生就业率高出硕博：大专就业率 56.6%，足足高出硕博就业率 12.2%。普本院校硕博毕业生 offer 获得率为 33.2%，较去年下降 17 个百分点，同时也低于普本院校本科毕业生的 offer 获得率 43.9%。

体制内成热门选择：考研热出现降温趋势的背后，是考公人数的暴涨。常言道：不孝有三，无编为大，的确不是研究生考不起，而是考公更有性价比。希望进国企、政府的学生加起来，比例高达惊人的 62.4%。10 个毕业生 6 个要考编，还有 2 个想进三资企业。民营企业的活力已经看不到了。



提前找工作：已经有 13.7% 的学生提前一年多开始找工作，疯狂刷求职经验，疯狂参加各种体制考试。按这个趋势以后大学 4 年，后 2 年不都得用来找工作。

一线城市吸引力下降：2024 年的特点，一线城市的吸引力下降了，新一线对一线开始产生较大竞争。三四五线城市反而在下行周期里迎来了毕业生回流，这种就业下沉的现象非常明显。

去小微企业“苟着”：大企业也都在过冬，毕业生不仅城市下沉，企业也要下城。只能去小微企业碰运气，先干着，苟到经济复苏再说。

文科就业率提升：理工、经管都在下降，被死踩的文科类专业就业率居然提升了 1.4 个百分点。主要原因在于旅游等服务消费、自媒体博主等新业态的发展，带动了文科生就业有所好转。

在当下的教育体系中，大学职业教育与社会实际需求之间存在着明显的不匹配。以服装设计专业为例，理论上是为了培养服装设计师，但现实情况却是服装企业对设计师的需求极为有限。一方面，大学培养出的各专业大学生数量过剩；另一方面，相关企业无法吸纳如此多的大学生。这就使得大学生在就业时陷入了尴尬的境地，他们往往想从事的工作自己不够格，而愿意接纳他们的岗位自己又看不上。这种情况在其他专业也比比皆是，归根结底是因为大学培养的大学生数量与现实社会需求不相符。

目前，很多专业的教学内容与现实严重脱节。部分专业的专业课至今还在使用 90 年代的教材，这与当下社会的实际需求存在巨大差距。从用人单位的角度来看，会有一种穿越时空的感觉。如果是 985/211 这类院校毕业的学生，面对专业课落后的情况还可以依靠学历优势来弥补。但普通本科、大专毕业的学生，拿着相对不值钱的学历，指望通过和现实脱节的技能去应聘，很容易受到用人单位的冷漠处理。这也导致了大学生就业难现象的出现。

很多末流二本毕业生因为大学扩招才得以进入本科学习，但他们往往自视甚高，觉得自己是精英。在求职过程中，他们既不甘心回到社会底层，又难以触及精英阶层的门槛，处于高不成低不就的状态。这种心态使得他们在就业市场上的选择范围变窄，增加了失业的风险。

“不以就业为目的的高等教育都是耍流氓”，这句话正反应了当下大部分的声音，上大学根本就不是一个阶段，只是阶段的开始，找到工作就业才是真正的门槛。

十三、面向未来的 AI 操作系统 OS

随着科技的飞速发展，操作系统作为计算机系统的核心，也在不断演进以适应新的需求和技术趋势。未来操作系统将呈现出一系列新的特征，这些特征将极大地提升用户体验，推动技术创新，并促进各行业的数字化转型。



未来的操作系统必然是端云协同的。只关注于设备侧的传统操作系统已经走向末路，维护工程师都难以找到。端云协同操作系统当前可参照的领导者就是 ChromeOS，虽然说 ChromeOS 本身并不一定是一个成功的操作系统，但它是下一代操作系统先驱。

- JS 操作系统，系统运行轻量化安装，开源免费支持 IOT 设备应用
- 应用软件 App 不挑硬件平台，构建全新的应用分发模式，颠覆当前的 App Store
- JS + 区块链技术，融合 JS 的开放性和区块链的安全性
- 在操作系统层面提供 all 应用软件的社交化、AI 能力，文档和内容的分发 in App 实现，实现机器人应用软件平台
- 量子计算的主要算法实现和系统架构软件的构建，提供量子计算的裸 OS 和开发环境
- 量子计算操作系统支持主流的量子计算机硬件平台
- 对于非量子计算平台，应用的 JS 操作系统，系统运行轻量化安装，开源免费支持 IOT 设备生态丰富，成为领导者
- 对于非量子计算平台，全新的应用分发模式已成规模，颠覆当前的 App Store
- 对于非量子计算平台，在操作系统层面构建无处不在的社交化、AI 能力，实现机器人应用软件平台，成为行业的软件事实标准

更强的安全性与隐私保护

在未来，操作系统将把安全性与隐私保护放在首位。随着网络安全威胁日益严峻，操作系统将加强内核级别的安全保护，实现更细粒度的访问控制，并采用先进的加密技术来确保用户数据的安全。此外，未来的操作系统还将内建基于人工智能的异常检测和自动响应系统，能够实时监测并应对潜在的安全威胁，为用户提供全方位的安全保障。例如，某些操作系统已经开始集成生物识别技术，如指纹识别和面部识别，以增强用户身份验证的安全性。

高效的资源管理与优化能力

未来的操作系统将具备更加高效的资源管理与优化能力。通过原生虚拟化技术，操作系统将能够在一台物理机上运行多个操作系统实例，提高硬件利用率，简化系统部署和管理。同时，操作系统还将通过智能调度算法，动态分配系统资源，确保各应用程序能够高效运行。这种优化能力不仅将提升系统的整体性能，还将降低能耗，延长设备的使用寿命。

智能化的用户界面与交互方式

智能化是未来操作系统的一大趋势。随着人工智能技术的不断进步，操作系统将能够更好地理解用户需求，提供智能化的交互和服务。例如，操作系统可以通过分析用户的使用习惯，自动



调整界面布局和推荐常用功能，提升用户体验。此外，未来的操作系统还将支持语音、手势等多种交互方式，使用户能够更加方便地与系统进行互动。这种智能化的用户界面和交互方式将极大地提升用户的操作效率和满意度。

广泛的设备兼容性与跨平台支持

未来操作系统将具备广泛的设备兼容性与跨平台支持能力。随着物联网技术的快速发展，各种智能设备层出不穷，操作系统需要能够支持这些设备并实现无缝连接和数据共享。同时，用户也希望在不同设备之间能够自由切换，获取所需文件和服务。因此，未来的操作系统将注重跨设备、跨平台的无缝协作，实现数据和应用的实时同步，为用户提供更加一体化的使用体验。例如，某些操作系统已经开始支持手机、平板、电脑等多种设备的协同工作，用户可以通过云同步功能在不同设备之间共享数据。

强大的云计算与物联网集成能力

云计算和物联网是未来技术发展的重要方向，未来的操作系统将具备强大的云计算与物联网集成能力。通过云计算技术，操作系统将能够为用户提供更加丰富的在线服务和资源，实现数据的云端存储和共享。同时，物联网技术的集成将使操作系统能够连接和管理各种智能设备，实现设备之间的智能互联和协同工作。这种集成能力将极大地拓展操作系统的应用场景和功能范围，为用户带来更加便捷和智能的生活体验。

灵活的模块化与可定制性

未来的操作系统将注重模块化和可定制性。通过模块化设计，操作系统可以更加灵活地适应不同的硬件环境和应用场景。同时，用户也可以根据自己的需求定制操作系统的功能和界面，实现个性化的使用体验。这种模块化和可定制性将提升操作系统的灵活性和可扩展性，满足用户多样化的需求。

持续的更新与自我进化能力

在未来的操作系统中，持续的更新与自我进化能力将至关重要。随着技术的不断进步和用户需求的不断变化，操作系统需要能够不断更新和升级以适应新的环境和需求。同时，操作系统还应具备自我进化的能力，能够通过学习和分析用户的使用习惯和反馈，自动优化和调整系统的功能和性能。这种持续的更新和自我进化能力将确保操作系统始终保持领先地位，为用户提供最佳的使用体验。

对新兴技术的支持与融合

未来操作系统将积极支持并融合新兴技术。随着 AR、VR、5G 等新兴技术的快速发展，操作系统需要能够支持这些技术并实现与其的深度融合。例如，操作系统可以集成 AR/VR 技术，为用户



提供沉浸式的交互体验；同时，通过 5G 技术的支持，操作系统可以实现更高速的数据传输和更低的延迟，提升用户的在线体验。这种对新兴技术的支持与融合将使操作系统更加具有前瞻性和创新性，引领技术的发展潮流。

综上所述，未来操作系统将呈现出更强的安全性与隐私保护、高效的资源管理与优化能力、智能化的用户界面与交互方式、广泛的设备兼容性与跨平台支持、强大的云计算与物联网集成能力、灵活的模块化与可定制性、持续的更新与自我进化能力以及对新兴技术的支持与融合等八大特征。这些特征将共同推动操作系统的不断发展和创新，为用户带来更加便捷、智能和高效的使用体验。

十四、互联网数字内容的草根时代，草根“好莱坞”的诞生

2024 年，微短剧以井喷之势，迎来快速发展。

“喜剧之王”周星驰下场做短剧，2024 年 7 月 16 日，周星驰出品的首部短剧《金猪玉叶》第二季正式完结。顶着星爷的光环高调“出道”，由曾经一手打造爆红短片《万万没想到》的导演易小星监制，该短剧自上线以来备受瞩目。1 个小时破百万、3 集破亿的播放量，昭示了主创团队的影响力。

张艺谋反对三分钟电影解说，认为其破坏电影整体性，建议观众静心欣赏艺术。短视频电影解说无法取代电影，粗制滥造解说导致观众审美降级，但长视频解说有助于电影普及。

据《中国互联网络发展状况统计报告》显示，截至今年 6 月，我国微短剧用户规模已达 5.76 亿人，占整体网民的 52.4%，超过网络外卖、网络文学和网约车用户数量，跃居数字生活榜单前列，“看微短剧的人比点外卖的人还多”。



▲图片来源：《中国微短剧行业发展白皮书（2024）》

根据国家广电总局的定义，“微短剧”是指单集时长从几十秒到15分钟左右、有着相对明确的主题和主线、较为连续和完整的情节的网络视听节目。

“又土又上头”“根本停不下来”“一天怒追50集”……这是不少人看完微短剧后的感受。

“上下班路上经常看，没事的时候也会刷。”上班族杨女士说，“身边很多朋友都在看。”微短剧呈现“分散性、私密性”等特点，在碎片化传播占据主导的当下，受到很多年轻人的喜爱。而今年以来，中老年题材微短剧悄然走红。艾瑞咨询报告显示，在2024年的微短剧市场里，40岁到59岁的用户占比高达37.3%，60岁以上的用户占比也有12.1%，中老年人群体已成为微短剧市场不容忽视的力量。

用户规模高歌猛进的背后，微短剧市场潜力可观。中国网络视听协会发布的《中国微短剧行业发展白皮书（2024）》指出，2024年微短剧市场规模有望首次超过内地电影票房。据行业机构预估，2024年我国微短剧市场规模将达504.4亿元，同比增长34.90%。

热潮之下，各地纷纷布局微短剧产业。在DataEye发布的百强承制榜中，仅2024上半年，西安上榜的微短剧就超过了300部，投流超16亿。此外，郑州、杭州临平、山西临汾等地纷纷提出要打造“微短剧创作之都”“全国微短剧名城”“微短剧基地”。

不仅如此，微短剧的“风”还吹向了海外。以腾讯视频的we tv为例，2024年该平台全球同步播出百余部微短剧，多部作品在海外地区的排行榜持续处于领先地位。

“解压，过瘾。”谈及“刷剧”原因，资深用户龚女士给出了这样两个关键词。

“15秒一个反转，30秒一个冲突，最后10秒再留个悬念。”最高检影视中心专职副总编审高斌认为，“跌宕起伏”的剧情、强刺激的“情绪价值”是观众“上头”的重要“密码”。“很多剧高潮部分总在每集快结束时候，忍不住想看下一集，猜中了很有成就感，猜不中又会觉得剧情反转很有水平。”微短剧爱好者王晓萍分享道。

“与长剧相比，微短剧用户人群更细分，内容更集中，节奏也更快，梗的安排更密集，要能在有限的时长里抓住用户。”风起扶摇（北京）文化传媒有限公司创始人白沙沙说。

中国传媒大学文化产业管理学院副教授徐文松认为，视听消费习惯的转变也是微短剧火爆的重要原因，“实体娱乐空间愉悦获得感持续下降，大众视听消费习惯发生了不可逆转的数字化转向。”这一点在下沉市场或许更为明显，微短剧制作人于女士分享回乡见闻时说，“与去影院相比，‘足不出户、只要九块九’就能收获愉悦感的微短剧，已成为三四线城市里很多人的选择。”



▲图片来源：艾瑞咨询《2024年中国微短剧行业研究报告》

多元、庞大的市场供给，是微短剧持续走热的另一大推手。据艾瑞咨询统计，从微短剧创作备案数据看，2023年全年规划备案3574部、上线备案584部。对比2021年的数据，两者分别增长382.2%和445.8%。从微短剧发行许可数据看，仅2023年下半年取得发行许可的作品共计303部、6853集，要多于此前一年时间内有统计的数据之和。

“微短剧创作多以市场为导向，创作体量较大。”湖南秦九网络科技有限公司曾打造出多部爆款短剧，该公司副总裁刘江介绍，“公司总剧集已超过40000集。”值得关注的是，大量的网络文学为微短剧提供了丰厚的土壤。“微短剧和网络文学有着天然的‘共生’关系，不少同行是从新媒体网文转到微短剧这个赛道的。”白沙沙说，“微短剧有着多重变现方式，从投流到端原生再到免费平台，之后是海外等，微短剧相比于长剧来说，更加扁平快。”



“供需两旺。”中国传媒大学文化产业管理学院副院长刘江红如此概括微短剧火爆的原因。“成熟的网剧及短视频业态及其持续向上的发展趋势助推了产业的快速成长，‘站在巨人肩膀上’的微短剧更易脱颖而出。”徐文松说。

从制作角度看，微短剧成本低、周期短、回报快，大量创新项目可以快速孵化，也是行业火爆的重要原因。青年微短剧从业者“卫家王”对此深有感触。她表示，在这一行业能大胆尝试新颖的讲述方式、独特的视觉风格和前沿的拍摄技术。这种灵活性和创新性，进一步激发了市场的活力，让微短剧成为影视创作的一股新势力。

微短剧行业在收割“滔天”流量的同时，也伴随着“成长的烦恼”。

“最大挑战主要是内容同质化严重和市场竞争加剧。”刘江说，“经过两年的爆发式增长后，微短剧行业竞争更加激烈，大量优质剧目被淹没，用户的消费观念更谨慎，付费意愿降低，需要在有限的生命周期内实现高效变现。”“制作团队越来越多，越来越‘卷’。”“卫家王”说，“套路化的题材看久了肯定会腻。”

“个人认为，投流成本是个很大的挑战，过高的投流成本会使付费用户对雷同内容审美疲劳。”白沙沙从运营成本角度，分析长期发展面临的困境。“这其实是种提前消耗，整体市场不能光挣快钱，应该让这个行业正向良性发展。”

随着今年微短剧席卷“银发赛道”，舆论关于“父母看微短剧成瘾”“微短剧收割中老年人”“老年人陷入微短剧消费陷阱”的担忧再次引发关注。

徐文松认为，目前微短剧行业在盈利模式上还存在诱导消费、收费标准不清晰、消费者权益缺少保障、投资生产制作及传播环节监管不完善等问题。

微短剧行业如何从野蛮生长到合规化发展，已成为各方不可忽视的必答题。

今年6月，国家广电总局下发的《关于微短剧备案最新工作提示》正式实施，明确未经审核且备案的微短剧不得上网传播。近日，国家广电总局发布管理提示，加强对“霸总”微短剧管理。抖音、腾讯等平台也多次发布公告，对含有不良价值观导向、违反公序良俗、低俗“擦边”等违规内容的微短剧，以及相关违规账号、小程序进行治理。其中，抖音平台11月累计下架违规微短剧209部。

《中国微短剧行业发展白皮书（2024）》指出，微短剧行业迈入2.0时代。随着转型升级步入“深水区”，微短剧的发展方向也在发生悄然变化。

内容精品化已是行业共识。“烟火气、少年气、新鲜气”是腾讯视频微短剧关注的三个方向，其负责人介绍，鼓励“价值上与用户共鸣、情绪上与用户共振、形式上突破用户体验”的作品涌现。抖音微短剧负责人认为，“精品不等于成本的提升，首先要在故事层面用心。”在抖音



平台，兼具故事价值和情绪价值的精品剧，平均观看时长和七日追看率基本上是普通微短剧的 2 至 3 倍。

“精品化要对内容有更多的探索，不能够完全迎合市场，不然永远做不成引领市场方向的人。”白沙沙说。

“如果传播真的需要‘流量密码’，善于利用共鸣感这一点是非常重要的。”曾因创意普法视频“出圈走红”的“海南警方”新媒体负责人王坤说，“无意义的爽剧会逐渐失去受众，要植入有思考、有价值观的剧情给观众。”

在此背景下，多个短视频平台推出精品微短剧计划。比如抖音平台推出“辰星计划”，与周星驰等知名导演联合运营“九五二七剧场”，其剧集播放均有不俗表现。

跨界融合是微短剧发展的另一个显著趋势，“微短剧+文旅”“微短剧+普法”“微短剧+品牌”“微短剧+媒体”等形式表现抢眼。今年 1 月，国家广电总局推出“跟着微短剧去旅行”计划。《我的归途有风》《一梦枕星河》《等你三千年》等微短剧，让乐山、邯郸古城、苏州古镇等多地纷纷“借剧出圈”。

今年 8 月，多部门联合发起“跟着微短剧来学法”创作计划。“在已发布的两批创作计划推荐片单中，我们策划的作品内容涉及校园霸凌、网络诈骗等法律热点。”最高检影视中心专职副总编审高斌介绍，“观众可以在享受观影乐趣的同时获取法律知识。”“海南警方”新媒体负责人王坤也认为：“‘微短剧+普法’既要让观众看得爽，又得把法律知识普及了，观众既娱乐了，又学到了。”

11 月，新华网携手注艺集团发布“新华短剧计划”，以“微短剧+媒体”的方式，推动短剧精品化发展。注艺集团总裁郑子勤表示，将在深圳建设国际性的短剧产业基地，生产精品短剧，以精品短剧与世界对话。

“随着国内市场竞争加剧，出海是当下许多公司的选择。”刘江说，他所在的湖南秦九网络科技有限公司已出品近 200 部海外微短剧作品。”

2024 年被称为微短剧“出海”元年。根据 TikTok for Business 发布的《2024 短剧出海营销白皮书》，微短剧的海外市场正经历井喷式增长，下载量和用户规模显著提升，未来微短剧的海外用户可能达到 2 亿至 3 亿人。点点数据报告显示，根据出海收入规模 Top10 的微短剧平台测算，2024 上半年，出海微短剧平台总流水已突破 2.3 亿美元、预计全年将达到 4 亿美元以上。出海为微短剧赛道找到新的“引爆点”提供了无限可能。

“微短剧既是内容消费市场的一次变革，也是打破品牌出海市场困境的一个渠道。”国际在线楼兰运营中心总监段蕾认为。

需要认识到的是，微短剧出海不是将爆款元素简单复制粘贴。“微短剧国际化过程中，不是单纯的文化输出，更是文化双向交流。”段蕾说，“寻找文化的共性，尊重文化差异的同时唤醒受众对题材的共情，才能达到文化交流互通的目的。”



▲图片来源：博纳影业集团微博《三星堆：未来启示录》截图

此外，今年以来，《白狐》《中国神话》《三星堆：未来启示录》《山海奇镜之劈波斩浪》等多部 AI 微短剧上线，“AI+微短剧”为行业带来新的想象空间。AI 技术让科幻、玄幻、历史、神话等复杂且难以实拍的题材能够以生动的形式呈现，不仅增强了作品的感染力，也为观众带来了更加沉浸式的视觉体验。“AI 技术加持带来降本增效，但更重要的是，AI 给我们的思想插上了翅膀。”段蕾说。

据中国网络视听协会 11 月发布的《中国微短剧行业发展白皮书（2024）》，2024 年我国微短剧市场规模将达 504.4 亿元，同比增长 34.90%，同年内地电影全年总票房收入预计为 470 亿元。这意味着微短剧的市场规模有望首次超过内地电影总票房。

十五、芯片的核心是生态，生态的核心是应用，应用的根本是完整的人口基数

随着国际政治竞争从“地缘政治时代”向“技术政治时代”的演变，半导体产业已成为全球主要经济体争夺科技高地的关键领域，不仅是衡量一个国家科技实力和产业竞争力的重要标志，也是国家安全的重要组成部分。

硅时代的多米诺效应加剧，芯片最终走向国有资源型，战略储备+民用双重属性。

在国家政策的引导下，中国半导体产业不断发展，取得了巨大成就。然而，随着国内外环境的不断变化，中国半导体产业想要实现跨越式发展，依然面临严峻的考验。



半导体一直是中美贸易争端与科技争端的焦点，特别是在 5G 领域对华围堵失败后，美政府“反思”并加大政策查缺补漏，企图在人工智能领域扼杀中国。在此背景下，美国不断扩大自主裁量权，从特朗普政府的《人工智能倡议》到拜登政府的《国家安全战略（2022 年版）》，到 2025 年 1 月 13 日美国拜登政府宣布了任内最大规模，也是最后的芯片出口限制措施——《人工智能扩散出口管制框架》，该措施把全球二百多个国家地区划分为三级：只有 18 个被列为第一级，他们在接受美国“长臂管辖”的情况下，可以 unlimited 从美国进口显卡和闭源大模型。以色列、新加坡、沙特等第二级国家和地区，只有聊胜于无的进口配额，他们的企业想多进口就得特事特办向美国申请。包括中国在内的第三级国家，则被全面禁止进口高端显卡和先进闭源大模型。

稍微拉长一点视角来看，美国的芯片管制并不可怕，反而会帮助全球建立一个均衡的芯片产业形态，不再是美国一家独大。

从技术的角度，芯片的竞争最终落脚到生态的竞争，此前是美国的芯片公司利用先发优势饶饶的控制了芯片的生态。时过境迁，在最近几年的国家大环境下，前正在悄悄地发生改变。

在硅谷，特别是硅谷的大公司里，经常会听到一个词，叫做“Ecosystem”，翻译过来叫做生态系统。生态系统的特点是，由无数家公司或个人组成，有共同的目标和利益基础，由一两家核心公司控制生态链的核心环节，为其他公司或个人提供平台，使这些公司能够在创新生态中获益。

当初的 Wintel 和今天的 ARM+Android/iOS 的生态体系是如何运作的？首先，是核心公司控制了生态链的核心环节：CPU 和操作系统，显然是核心中的核心，Intel 和微软就是控制了这两个环节。而移动互联网生态中，ARM 并不生产芯片，只卖授权和参考设计，所以，高通才是移动互联网时代的 Intel。理论上来说，任何购买 ARM 授权的公司都可以生产 ARM 芯片，而且当初生产 ARM 芯片的还不乏 Intel、三星、德州仪器这样的一线厂商，但是高通是怎么形成事实性的垄断的呢？

其实，在 AP 方面（Application Processor，也就是我们经常说的 CPU），高通并没有优势，但是，CDMA 就是高通推出的，所以，在 Base Band 方面（基带芯片，用于处理通讯方面的芯片），高通有大量的专利构成专利墙。所以，高通充分利用了自身优势，把 AP 和 Base Band 绑在一起卖，一个芯片的成本肯定要低于两个芯片。由于有专利墙，所以其他公司如果想生产 Base Band 芯片，需要交纳高额的专利授权费，成本上要远远高于高通。高通还采取了另外的一个商业策略，与高通建立战略合作的手机公司，不能相互之间进行专利诉讼。这对于新进入这个市场的



手机厂商来说，无疑是重大利好，相当于高通为他们提供了专利方面的“免死金牌”。当然，这一点也成为高通收到巨额罚单的原因之一。

掌握核心技术后，利用核心技术打造一个平台，将大多数厂商拉到这个平台上来，形成一个坚固的利益联盟，这其实就是创新生态的核心内容。

但是，想形成这样一个生态，其实并不容易。首先，掌握了核心技术的公司，要抑制住自己的冲动，不要把一个产业链都做了。苹果是一个特例，从 CPU 到操作系统，甚至是办公软件都要自己打造，那么，苹果是不是创新生态呢？是的，苹果其实也是一个创新生态系统，在输掉了个人电脑领域之后，天才的乔布斯首先打造了 iPod+iTunes 的音乐创新生态，将传统的音乐专辑销售模式，改为了单曲的销售模式，从而让所有的音乐公司和音乐创作者，绑到了苹果的创新生态上来。接下来，iPhone+App Store 的创新生态，让全世界的应用开发商和个人开发者都绑到了苹果的战车上。所以，苹果的核心技术并不是 CPU、操作系统，而是 iPod、iPhone 和 iPad 构筑起来的用户体验系统，再利用 iTunes 和 App Store 打造开放式平台，吸引应用开发者为自己服务。

生态的四个要素：

1. 必须有核心技术和大量专利构筑的防护墙
2. 必须有开放式平台，包括：Linux 操作系统、CUDA 等芯片开发封装、EDA 工具软件
3. 必须要有 Killer Application
4. 必须有足够多的厂商或开发者支持

全球科技竞争爆发，让中国芯片企业虽失去了国外先进技术和设备的“养分”，却拥有了独立自主发展的广阔“土壤”。而面对庞大的内需市场，中国芯片热潮未来必然会一直持续下去。

附：美国对于中国的芯片管制

（一）管制策略从“有限出口”转向“全面出口管制”

在 2018 年对中兴实施出口禁令之前，美国对华芯片管制的基本态度是“有限出口”，同年 10 月“新美国”智库提出了旨在打压中国科技进步的“小院高墙”对抗策略（Laskai et al., 2018），美国改变了此前对华有限出口政策，开始基于“全面出口管制”态度限制中国芯片产业发展（黄日涵等，2022）。一系列限制措施密集出台并频繁更新：2018 年修订的《出口管制改革法》^①扩大了政府的自由裁量权，允许商务部工业与安全局按需更新“管制条例实体清单”对中国芯片企业实施出口管



制（韩召颖等，2023）；2022年9月，美国国家安全顾问杰克·沙利文（Jake Sullivan）提出，美国对华竞争策略应从“保持相对优势”切换为“保持最大领先优势”^④，该构想在同年10月白宫发布的《国家安全战略》^⑤中即得到官方响应，将中国描述为“美国最重大的地缘政治挑战”；2023年10月，美政府更新了一系列针对中国的人工智能芯片和半导体设备出口限制措施，商务部部长吉娜·雷蒙多（Gina Raimondo）表示，新措施旨在堵住相关规则的漏洞并且未来“至少每年更新一次”，以防止中国“人工智能和复杂计算机技术的突破”。

（二）管制重点由“5G”延伸至“AI”

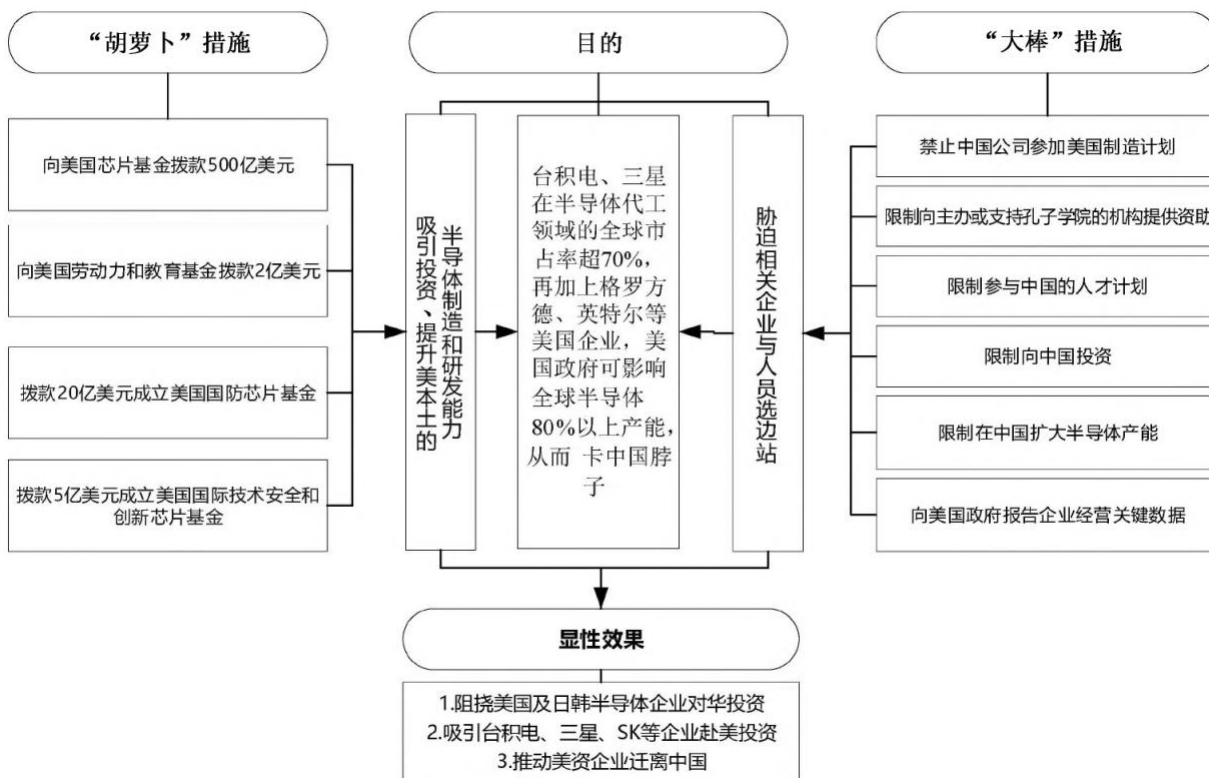
随着大模型、无人驾驶等人工智能（AI）应用快速发展，AI芯片已超越5G芯片成为美国政府卡中国脖子的新武器。观察美国商务部历次更新的“实体清单”可发现，2019年之前美国对华芯片管制的重点是5G芯片及通信领域，被列入清单的主要是华为及其子公司、亨通光电、中天海缆、华海通信这类通信企业。在特朗普政府签署《美国人工智能倡议》后，美国从国家战略层面调动更多资源用于围堵中国AI产业，对半导体企业的管制由5G芯片逐渐扩大到AI芯片：2019年10月，国内最大的AI独角兽企业商汤科技被列入清单；2021年6月，国内图形处理芯片（GPU）领先企业景嘉微被列入清单；2022年12月，曾为华为提供AI处理器的寒武纪被列入清单；2023年10月19日更新的清单显示，新列入的13家中国企业全部是AI企业壁仞科技、摩尔线程及其子公司或关联企业（见表1）。目前清单上的535家中国大陆企业中有86家AI企业，已超过通信企业数量（见图1）。鉴于AI在新一轮产业革命发展以及国防军事竞争中的重要战略意义，可以预测，随着大规模计算的发展，未来美国将会进一步强化对我国AI领域的战略打压，除了GPU芯片，可能还会在高带宽存储芯片等支撑AI发展的关键领域对我国收紧限制。当前，高带宽存储芯片生产供应主要集中在SK海力士、三星两家韩国企业，鉴于G7会议之后美韩战略合作不断提升，美国可能在“芯片四方联盟”机制下进一步联合韩国对我国实施高带宽存储芯片出口管制。

（三）管制手段由“大棒”扩展为“胡萝卜加大棒”

以2019年国家集成电路产业投资基金二期完成募资2041亿人民币为标志，我国在半导体领域不断加大的资助与扶持力度部分削弱了美国管制的效果。在管制“大棒”日渐式微的情况下，美国不得不提供“胡萝卜”吸引半导体投资回流。2022年拜登政府提出《芯片与科学法案》^⑥，向半导体行业提供资金和税收奖励：在资金奖励方面，拨付527亿美元设立“芯片基金”“国防芯片基金”“国际技术安全与创新芯片基金”“芯片教育与人力资源基金”，用于资助半导体研发、与外国政府协调共同开发通信与半导体技术、促进半导体人才培养。在税收奖励方面，对半导体制造企业和半导体制造设备企业给予投资额25%的税收抵免。拜登在法案签署新闻发布会上阐明了美政府对该法案的期待：“我们曾让芯片产能散落海外……如今会将它们带回国内。”



美国在掏出“胡萝卜”吸引投资的同时，仍不忘挥舞“大棒”胁迫相关企业与人员选边站（见图2）。例如，《芯片与科学法案》禁止中国公司参加美国制造计划（第10263条）；限制向主办或支持孔子学院的机构提供资助（第10339A条）；参与“不怀好意的外国人才计划”（Malign foreign talent recruitment program）的个人不得受资助（第10631条、10632条）。此外，2023年3月美国商务部补充的《芯片与科学法案》“护栏条款”（guardrails for CHIPS）^④规定，申请补贴的半导体企业需提交不同芯片种类的产能、预期收益率、生产第一年销售价格、以后各年度产量和销售价格增减等信息。9月更新的“护栏条款”规定，禁止使用资助资金在美国境外建造、修改或改进半导体设施，严格限制受资助企业今后10年内在中国和俄罗斯等“受关注国家”投资扩大半导体产能，限制受资助企业与“受关注的外国实体”开展联合研究或技术授权许可。同期发布的“拟议规则制定通知”进一步量化了上述限制，对中国先进制程投资的支出上限设定为10万美元，禁止获得美国资金的半导体企业在中国将先进制程产能扩大超5%、成熟制程产能扩大超10%。



美国的胡萝卜与大棒已产生了一些显性后果。一方面，美国对本土以外的芯片类投资持续施以长臂管辖。2021年，美国以“担心中国将技术运用于提高军事能力”为由，先后否决韩国SK无锡工厂极紫外光刻机升级计划和英特尔成都工厂扩产计划；2022年，美国商务部向全球第二大半导体设备厂商科林研发（Lam Research）和半导体材料与设备公司科磊（KLA）致函，禁止向中国大陆出口14nm

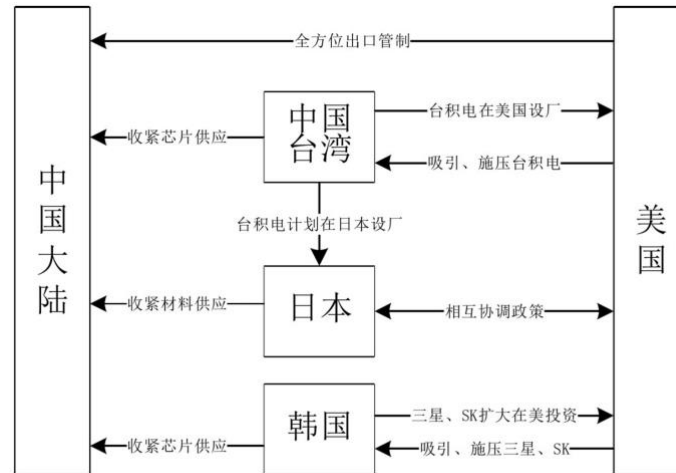


以下制程的芯片生产设备；2023年，拜登先后会晤荷兰和日本首相，敦促两国支持美国的对华出口管制，特别是就阿斯麦（ASML）向中国出售光刻机持续向荷兰政府施压。另一方面，拜登政府已成功劝说主要晶圆代工企业赴美投资先进制程工厂。台积电2021年宣布在亚利桑那州投资120亿美元建立5nm及以下制程晶圆厂，2023年8月首台极紫外光刻机（EUV）已开始安装；三星2021年宣布投资170亿美元在德克萨斯州建立4nm制程晶圆厂，并向德克萨斯大学、德克萨斯农工大学提供资金支持半导体人才培养；SK集团2022年宣布对美投资150亿美元用于半导体领域，并与当地大学合作开展半导体研究；同时，拜登政府也正在积极撺掇美国半导体企业与中国解耦。戴尔已宣布计划在2024年前全面停用中国芯片并计划在2025年将50%的产能移出中国，惠普也在评估将生产和装配线迁出中国的可行性。台积电、三星在半导体代工领域的全球市占率超70%，再加上格罗方德、英特尔等美国企业，美国政府可影响全球半导体80%以上产能，从而卡住中国半导体产业的脖子。

（四）管制力量从“单边约束”扩展到“多边合围”

2021年2月，美国信息技术和创新基金会建议美政府“开展多边出口管制合作”，与盟国协调外国直接投资筛查、加强信息共享、联合研发等以应对中国挑战^①。以此为行动理念，拜登政府比特朗普政府采取了更为广泛的连横策略，组建了政府间以及政府指导下的协会、企业、研发机构等不同层面的联盟，试图建立对华多边“合围圈”。

政府层面，拜登根据技术政策顾问马丁·拉塞尔（Martijn Rasser）提出的“美国应首先带头建立晶圆厂联盟，协调半导体制造设备的出口管制政策，重点限制对华出口”的建议（Rasser et al., 2020），于2022年3月邀请日本、韩国与中国台湾地区组建“芯片四方联盟”（CHIP4）（见图3）。该联盟中，日本拥有晶圆材料56%的市场份额，在光阻剂、光刻胶、大硅片等稀有原材料和薄膜沉积设备方面拥有多家隐形冠军企业；韩国与中国台湾地区是全球主要的晶圆代工基地和芯片封装、测试、标记中心，三星、SK海力士、台积电等全球主要晶圆代工厂都集聚在这两地；美国则拥有电子设计自动化、芯片设计方面的优势，同时也是仅次于中国的第二大芯片需求市场。按美国计划，四方成员囊括了设备、原料、设计、生产与应用环节，可构建起将中国大陆排除在外、由美主导的半导体生态闭环，实现对华半导体产业的联合封锁。目前四方联盟已开展广泛的合作，除了上文提及的台积电、三星、SK增加对美投资以外，台积电与索尼宣布将在日本合资建设晶圆厂，东京应化工业扩建韩国光刻胶工厂计划将产能扩大一倍，大金将在韩国新建电子特种气体工厂，昭和电工材料计划在韩国和中国台湾地区扩大硅晶圆研磨材料和布线底板材料的产能。



协会层面，欧盟与美国在 2021 年美欧峰会上宣布成立美国欧盟贸易与技术委员会（TTC）以重构全球半导体供应链布局、协调 AI 等关键技术出口管制政策与行动并维持技术标准话语权（Grove et al., 2021；刘宏松等，2022）。在此框架下，2022 年 5 月，欧洲半导体工业协会与美国半导体行业协会达成了有关确保开放获取、维护国际标准、减少区域市场差异的“欧盟-美国半导体标准化合作指导原则”^①（Bendiek et al., 2022）：双方基于各自优势寻求在半导体供应链领域更好地合作，包括就敏感的两用技术进行技术磋商，并制订趋同控制方法；交换敏感技术出口、转让和研究等方面的信息；强化外国投资安全审查和监管；发展多边出口管制。

企业层面，2021 年白宫发布的“供应链百日审查报告”^②认为，美国半导体产业在上游芯片设计自动化软件（EDA）、芯片设计和半导体制造设备领域居全球领先地位，但半导体制造和先进封装等领域存在供应链风险，缺乏 7nm 以下芯片制造能力，芯片制造商严重依赖中国大陆市场，半导体材料主要依赖东亚国家。为了完善半导体供应链，美国增强了同日本、韩国和中国台湾地区的政策协调。同年 5 月，美国以《美国芯片制造法案》中承诺的拨款补贴为饵，撮合欧洲、日本、韩国、中国台湾地区的半导体企业和下游用户共 64 家企业组成美国半导体联盟（SIAC）^③，试图打造一个贯穿半导体上下游产业链的联盟以孤立中国。

研发机构方面，2022 年 5 月，日美工商伙伴关系（JUCIP）首次部长级会议达成了《半导体合作基本原则》。基于该协议，日本决定成立“尖端半导体技术中心”，与美国国家半导体技术中心等机构合作，共同开发 2nm 及以下制程的芯片量产技术。



（由煤油灯科技来自中国、美国硅谷、以色列专家团队编写整理！部分内容由我们精选自互联网，代表我们认同的观点和趋势。）



该报告由煤油灯科技（www.victorlamp.com）专家团队提供，仅供学习交流！

该报告已经在 B 站号“e 休的技术课堂”提供完整视频讲解。

更多内容请扫码关注 e 休 B 站号和煤油灯科技网站！



煤油灯科技-e休哥



煤油灯科技